



**DISSERTAÇÃO**

**PARÂMETROS E CLASSES DE SOLOS NA  
DIFERENCIAÇÃO DA FISIONOMIA DE  
CERRADO EM ASSIS, SP**

**ANA CAROLINA CUNHA DE ASSIS**

**Campinas, SP  
2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**INSTITUTO AGRONÔMICO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
TROPICAL E SUBTROPICAL**

**PARÂMETROS E CLASSES DE SOLOS NA  
DIFERENCIAÇÃO DA FISIONOMIA  
DE CERRADO EM ASSIS, SP**

**ANA CAROLINA CUNHA DE ASSIS**

**Orientador: Ricardo Marques Coelho**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais.

Campinas, SP  
Abril 2010



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA  
DOS AGRONEGÓCIOS  
INSTITUTO AGRONÔMICO  
Pós-Graduação  
Av. Barão de Itapura 1481 Caixa Postal 28  
13001-970 Campinas, SP - Brasil  
(019) 3231-5422 ramal 194  
pgiac@iac.sp.gov.br



**Curso de Pós-Graduação**  
**Agricultura Tropical e Subtropical**  
**Certificado de Aprovação**

Título: **Parâmetros e classes de solos na diferenciação da fisionomia de cerrado em Assis, SP**

Aluna: **Ana Carolina Cunha de Assis**

Área de Concentração: **Gestão de Recursos Agroambientais**

Processo SAA nº: **12142/08**

Orientador: **Dr. Ricardo Marques Coelho**

Aprovado pela Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Marques Coelho - IAC

Dr. Márcio Rossi - Instituto Florestal

Dr. Luís Carlos Bernacci - IAC

Visto:

**Adriana Parada Dias da Silveira**  
Coordenadora  
Pós-Graduação Instituto Agrônomo

Campinas, 9 de abril de 2010

Ficha elaborada pela bibliotecária do Núcleo de Informação e Documentação do Instituto Agronômico

A848p Assis, Ana Carolina Cunha de  
Parâmetros e classes de solos na diferenciação da fisionomia  
de cerrado em Assis, SP / Ana Carolina Cunha de Assis.  
Campinas, 2010. 78 fls.

Orientador: Ricardo Marques Coelho  
Dissertação (Mestrado em Concentração em Gestão de Recursos  
Agroambientais)– Instituto Agronômico

1. Associações solo-vegetação 2. Granulometria do solo  
3. Água do solo 4. Cerrado I. Coelho, Ricardo Marques II. Título

CDD. 633.45

“Meditai se só as nações fortes podem fazer ciência ou se é a ciência que as faz fortes.”

Oswaldo Cruz

“Para ser grande, sê inteiro: nada  
Teu exagera ou exclui.  
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és  
No mínimo que fazes.  
Assim em cada lago a lua toda  
Brilha, porque alta vive.”

Ricardo Reis (heterônimo de Fernando Pessoa)

Aos seres humanos que sinceramente contribuem para um mundo melhor.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

- Ao pesquisador, orientador e amigo Dr. Ricardo Marques Coelho, pelos ensinamentos, paciência, confiança e momentos filosóficos;
- Ao Instituto Agrônomo, pela oportunidade de realização do Mestrado;
- À Dra. Giselda Durigan, pelos ensinamentos e indispensáveis colaborações na execução deste estudo;
- À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Ensino Superior, pela concessão da Bolsa de Mestrado;
- À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento do projeto;
- Ao Dr. Eduardo da Silva Pinheiro, pela disponibilização dos dados e esclarecimentos acerca da vegetação;
- Ao pesquisador Samuel Fernando Adami, pela elaboração dos mapas, e a todo o simpático pessoal do Geoprocessamento do IAC;
- Ao Dr. Luís Carlos Bernacci, pelas sugestões;
- Às funcionárias do Centro de Solos e da Secretaria de Pós-Graduação;
- Aos colegas e amigos da Pós-Graduação, em especial à turma de Gestão;
- Aos meus grandes amores, meus pais Adailton e Doris, meus avós Paulo e Maria da Piedade e minha tia Denise, que estão distantes, mas constantes, sempre me apoiando e trazendo à tona o ânimo muitas vezes abalado. Vocês são ótimos!
- À grande ajuda materna na formatação do presente trabalho;
- Às verdadeiras amizades conquistadas em Campinas, que me apoiaram tanto no trabalho quanto no lazer e que carregarei no coração para onde quer que eu vá;
- Aos amigos e amigas da época de Lavras, que continuam torcendo por mim;
- Ao querido André Salles, pela paciência;
- À Homeopatia, que me traz serenidade.



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	xii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	2
2.1 Solo como Determinante de Formações Vegetais .....	2
2.1.1 Atributos físicos do solo .....	5
2.1.1.1 Granulometria .....	5
2.1.1.2 Disponibilidade hídrica do solo .....	6
2.1.2 Atributos químicos do solo .....	8
2.1.3 Morfologia e classificação dos solos .....	10
2.2 Vegetação do Cerrado .....	12
2.3 Sucessão da Vegetação em Cerrados .....	15
2.4 Tratamentos Estatísticos para Dados Ecológicos .....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1 Área de Estudo .....	18
3.2 Histórico da Estação Ecológica de Assis .....	20
3.3 Vegetação .....	21
3.4 Solos .....	22
3.4.1 Coleta e análise das amostras compostas de solo .....	22
3.4.2 Estudo dos perfis de solo .....	22
3.4.2.1 Análises granulométrica e química do solo .....	23
3.4.2.2 Análise físico-hídrica do solo .....	23
3.5 Análise Estatística .....	24
3.5.1 Análise de correlação simples .....	24
3.5.2 Análise multivariada .....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
4.1 Atributos do Solo e a Vegetação das Parcelas Permanentes .....	26
4.1.1 Atributos granulométricos .....	26
4.1.2 Atributos químicos .....	28
4.1.3 Correlação dos parâmetros de solo com a estrutura da vegetação .....	31
4.1.4 Associação variáveis ambientais-florística .....	33
4.2 Os Perfis de Solo e as Fisionomias de Cerrado .....	40
4.2.1 Morfologia e classificação dos solos .....	40
4.2.2 Atributos granulométricos .....	49
4.2.3 Atributos químicos .....	52
4.2.4 Retenção de água do solo .....	55
4.2.5 Correlação dos parâmetros de solo com a estrutura da vegetação .....	59
4.2.6 Associação variáveis ambientais-florística .....	61
5 CONCLUSÕES .....	67
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Granulometria das amostras compostas de solo das parcelas de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. ....	27
Tabela 2 -	Atributos químicos do horizonte A (0 a 20 cm de profundidade) das amostras compostas de solo das parcelas de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.....	29
Tabela 3 -	Atributos químicos do horizonte B ou C (60 a 80 cm de profundidade) das amostras compostas de solo das parcelas de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.....	30
Tabela 4 -	Área basal e número de espécies (riqueza) em cada parcela das fisionomias de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. (Fonte: PINHEIRO, 2008).....	31
Tabela 5 -	Índices de correlação das variáveis das amostras compostas de solo das parcelas com a área basal e a riqueza de espécies das fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP.. ....	32
Tabela 6 -	Correlação das variáveis das amostras compostas de solo (42) das parcelas, divididas em horizonte A e B ou C, e da estrutura da vegetação (3) com os eixos de ordenação 1 e 2 da análise de componentes principais (PCA). Valores em negrito representam as variáveis selecionadas para a CCA (análise de correspondência canônica) preliminar.....	34
Tabela 7 -	Cobertura arbórea média (%) das parcelas da Estação Ecológica de Assis, SP. (Fonte: PINHEIRO, 2008) .....	35
Tabela 8 -	Espécies registradas nas diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP, selecionadas para composição da matriz de espécies utilizada nas análises de correspondência canônica. (Fonte: PINHEIRO, 2008).....	36
Tabela 9 -	Variáveis preliminares (25) de solo, divididas em horizonte A e B ou C, e estrutura da vegetação da análise de correspondência canônica (CCA) e suas correlações com os eixos 1 e 2. Valores em negrito representam as variáveis selecionadas para a segunda CCA.....	37
Tabela 10 -	Variáveis (16) de solo, divididas em horizonte A e B ou C, e estrutura da vegetação selecionadas para CCA e suas correlações com os eixos 1 e 2. Valores em negrito representam as variáveis que possuem correlação significativa com o eixo 1 da CCA.....	37
Tabela 11 -	Fisionomia, localização (Zona 22) e classificação dos perfis de solo descritos na Estação Ecológica de Assis, SP. ....	41
Tabela 12 -	Atributos morfológicos dos perfis de solo sob diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. ....	42

Tabela 13 - Granulometria dos perfis de solo do cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. ....	50
Tabela 14 - Atributos químicos dos perfis de solo do cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. ....	53
Tabela 15 - Análises físico-hídricas dos horizontes A e B ou C dos perfis (P) de solo estudados na Estação Ecológica de Assis, SP.....	57
Tabela 16 - Índices de correlação das variáveis das amostras dos perfis de solo com área basal e a riqueza de espécies das fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP.....	60
Tabela 17 - Correlação das variáveis dos perfis de solo (50) e da estrutura da vegetação (3) com os eixos de ordenação 1 e 2 da análise de componentes principais (PCA). Valores em negrito representam as variáveis selecionadas para a CCA (análise de correspondência canônica).....	62
Tabela 18 - Variáveis selecionadas (14) para análise de correspondência canônica (CCA) e suas correlações com os eixos 1 e 2. Valores em negrito representam as variáveis que possuem correlação significativa com o eixo 1 da CCA.....	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização e limite da Estação Ecológica de Assis em relação ao estado de São Paulo e ao município de Assis. ....	19
Figura 2 -	Localização dos perfis de solo descritos em diferentes fisionomias de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. Cerradão: perfis 1, 4, 5, 6, 9; cerrado denso: perfis 2, 3, 8, 11, 12; cerrado típico: perfis 7, 10, 13, 14, 15. ....	23
Figura 3 -	Análise de correspondência canônica das parcelas de cerrado típico (ct), cerrado denso (cd) e cerradão (C), na Estação Ecológica de Assis, SP, com as variáveis de amostras de solo das parcelas, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e estrutura da vegetação (Tabela 10). ....	38
Figura 4 -	Análise de correspondência canônica da abundância de espécies (identificadas pelos números da tabela 8) que ocorrem nas fisionomias cerrado típico, cerrado denso e cerradão, na Estação Ecológica de Assis, SP, com as variáveis de amostras de solo das parcelas, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e estrutura da vegetação (Tabela 10). ....	39
Figura 5 -	Curvas de retenção de água dos horizontes superficial (A) e subsuperficial (B ou C), ajustadas pelo modelo de GENUCHTEN (1980), dos solos sob cerradão (perfis 1, 4, 5, 6 e 9) e cerrado denso (perfis 2, 3, 8, 11 e 12) na Estação Ecológica de Assis, SP. ....	58
Figura 6 -	Curvas de retenção de água dos horizontes superficial (A) e subsuperficial (B ou C), ajustadas pelo modelo de GENUCHTEN (1980), dos solos sob cerrado típico (perfis 7, 10, 13, 14 e 15) na Estação Ecológica de Assis, SP. ....	59
Figura 7 -	Análise de correspondência canônica das parcelas de cerrado típico (ct), cerrado denso (cd) e cerradão (C), na Estação Ecológica de Assis, SP, associadas aos seus respectivos perfis (P) de solo, com as variáveis dos perfis de solo, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e de estrutura da vegetação (Tabela 18). ....	64
Figura 8 -	Análise de correspondência canônica da abundância de espécies (identificadas pelos números da tabela 11) que ocorrem nas parcelas de cerrado típico, cerrado denso e cerradão, na Estação Ecológica de Assis, SP, com as variáveis dos perfis de solo, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e de estrutura da vegetação (Tabela 18). ....	65

## **Parâmetros e classes de solos na diferenciação da fisionomia de cerrado em Assis, SP**

### **RESUMO**

O solo é tido como um importante condicionante da vegetação do cerrado, que é formada por formações campestres, savânicas e florestais e tem sido alvo de acelerado processo de destruição. O conhecimento das inter-relações solo-vegetação pode auxiliar na elaboração de técnicas para manutenção da biodiversidade e para recuperação de áreas degradadas no cerrado. O presente estudo teve como objetivo verificar se as fisionomias cerrado típico, cerrado denso e cerradão na Estação Ecológica de Assis (EEcA), SP, livres de perturbações nos últimos 50 anos, e sua dinâmica, estão associadas às características morfológicas, químicas, físicas e físico-hídricas do solo. Em cada uma das 30 parcelas permanentes de 20 x 50 m com caracterização florística e estrutural da vegetação, dez parcelas para cada fisionomia, foram coletadas amostras compostas de duas profundidades de solo (0 a 20 e 60 a 80 cm) para análises granulométrica e química. Em 15 (cinco por fisionomia) dessas 30 parcelas, foram caracterizados morfológicamente os perfis de solo representativos e coletadas amostras de solo por horizonte diagnóstico, para análises granulométrica e química, e amostras indeformadas nos horizontes superficial e subsuperficial com anéis volumétricos para obtenção da curva de retenção de água. Para verificar as associações solos-vegetação, os dados de solo das parcelas e das amostras dos perfis foram submetidos, separadamente, à análise de correlação simples de Pearson e à análise estatística multivariada, sendo a primeira análise com os dados de área basal e riqueza de espécies por parcela e a segunda com os dados de abundância de espécies por parcela. Na matriz ambiental da análise multivariada foram incluídos, ainda, dados de estrutura da vegetação. A partir dessas matrizes, foi realizada uma análise dos componentes principais (PCA), visando descartar variáveis ambientais redundantes ou altamente correlacionadas para proceder a análise de correspondência canônica (CCA). Dos 15 perfis de solo classificados, onze são Latossolos de textura média e quatro são Neossolos Quartzarênicos. Os resultados das análises granulométricas e químicas dos perfis foram semelhantes aos das parcelas, denotando a representatividade dos perfis de solo. Os resultados das análises estatísticas e a descrição dos solos no campo permitiram concluir que: parâmetros físicos dos solos diferenciam a fisionomia florestal das savânicas - maior teor de argila, maior microporosidade e menor densidade do solo estão associados ao cerradão; a estrutura moderada ou fortemente desenvolvida dos solos sob cerradão favorece maior retenção de água, em comparação com os

solos sob cerrado *stricto sensu*; os solos sob cerradão apresentam maior umidade residual e de saturação do que os solos sob cerrado *stricto sensu*; a vegetação de cerradão está diretamente associada ao teor de matéria orgânica, não sendo possível estabelecer, contudo, relação de causa e consequência entre esta variável e as de vegetação; o teor de Cu apresenta correlação inversa com o porte da vegetação; o teor de Al está diretamente associado a fisionomia cerradão mas, como este elemento é elevado em todas as parcelas, pode-se inferir que outros parâmetros do solo, como os granulométricos e físico-hídricos estudados, relacionados à retenção de água, tenham maior influência na distribuição das fisionomias de cerrado na EECa.

**Palavras-Chave:** associações solo-vegetação; granulometria do solo; água do solo; cerrado.

## **Parameters and soil classes in the differentiation of cerrado physiognomies in Assis, SP**

### **ABSTRACT**

The Cerrado, the second largest biome in Brazil, consists in a mosaic of grassland, savanna and forest formations, and has been subjected to accelerated destruction even before a better knowledge of its biological diversity and potential for sustainable use is attained. The soil is considered an important determinant of the Cerrado vegetation, along with climate and other environmental factors such as topography, fire and anthropogenic interference. Understanding the soil-vegetation relationships can assist with developing techniques for maintaining biodiversity and for rehabilitation of degraded areas of Cerrado. The aim of this study was to verify whether the physiognomies Typical Cerrado, Dense Cerrado and Cerradão at Assis Ecological Station (EEcA), SP, free of disturbance in the past 50 years, and their dynamics are associated with morphological, chemical, physical, and physico-hydrical soil attributes. In each of the 30 plots of 20 x 50 m with floristic and structural characterization of vegetation, ten plots for each physiognomy, composite samples were collected at two soil depths (0 to 20 and 60 to 80 cm). Samples were analyzed for particle-size distribution and chemical attributes. Fifteen (five per physiognomy) of these 30 plots had representative soil profiles morphologically characterized and soil samples collected by genetic horizon for chemical and particle-size analysis, aiming at soil classification. Undisturbed soil samples were also collected from surface and subsurface horizons for obtaining soil water characteristic curve. To check for soil-vegetation associations, the data of soil plots and soil profiles were submitted separately to simple correlation (Pearson) and multivariate analysis, the first with data of basal area and species richness and the second with data of species abundance. In the environmental matrix of multivariate analysis, vegetation structure data were also included. From these matrices, we conducted a principal components analysis (PCA) to discard environmentally redundant or highly correlated variables for performing canonical correspondence analysis (CCA). Of the 15 soil profiles classified, eleven were sandy loam Oxisols and four were Quartzipsamments. The results of particle-size and chemical analysis of soil profiles were similar to those of the plots, indicating the representativeness of the soil profiles. Statistical analysis showed that the physical and physico-hydrical soil parameters, such as those of higher clay content of soils under Cerradão, which increased the microporosity and water retention, were responsible for differences

between the Cerrado *stricto sensu* (Typical Cerrado and Dense Cerrado) and Cerradão vegetation.

**Keywords:** soil-vegetation associations; soil particle-size distribution; soil water; Cerrado.



## 1 INTRODUÇÃO

Solo é o meio natural que serve para fixação, sustentação e manutenção da vegetação de um determinado local, regulando a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas, sejam elas nativas, exóticas ou cultivadas. No âmbito dessa definição, o conhecimento das propriedades físicas, físico-hídricas, químicas e biológicas do solo auxilia não apenas as atividades agrônomicas, mas também na preservação, recuperação e manejo de formações vegetais nativas.

O cerrado, segundo maior bioma do Brasil, é formado por um mosaico de formações campestres, savânicas e florestais e possui uma flora peculiar, adaptada a longos períodos de seca e a solos ácidos e pobres em nutrientes. Além do clima e do solo, outros fatores ambientais, como ocorrência de fogo, perturbações antrópicas e flutuações climáticas do período Quaternário influenciam na distribuição e manutenção destas formações vegetais (OLIVEIRA FILHO & RATTER, 2002).

A diversidade de ambientes formada pelo mosaico vegetacional do cerrado contribui para uma distribuição não uniforme de espécies, ampliando a necessidade de conservação de áreas heterogêneas para sua efetiva proteção. Ao lado de sua rica biodiversidade, o bioma cerrado caracteriza-se como uma grande “caixa d’água” no continente sul-americano, que capta águas pluviais e abastece nascentes que formam rios das bacias do Amazonas, Tocantins, Parnaíba, São Francisco, Paraná e Paraguai. A ocorrência de cerrado em solos de recarga de aquífero, como, por exemplo, sobre o Aquífero Guarani, também mostra a importância da preservação e recuperação da vegetação para manutenção do equilíbrio hidrológico (BRASIL, 2006).

Estudar atributos de solo sob condições naturais e associá-los a informações referentes à vegetação nativa permite que seja conhecido o ambiente sobre o qual esta se desenvolve. O entendimento dessa relação possibilita previsões a respeito de transformações esperadas na dinâmica de áreas com uma determinada fitofisionomia e sobre um determinado tipo de solo, caso sejam suspensas perturbações antrópicas existentes, e também pode subsidiar a elaboração de técnicas e de políticas para conservação e recuperação de áreas com vegetação nativa.

Ao contrário do observado em algumas áreas de cerrado do Brasil, onde o gradiente fisionômico da vegetação foi associado ao teor de alumínio do solo (GOODLAND, 1971; REATTO et al., 1998), a ocorrência de diferentes fisionomias de cerrado no Estado de São Paulo tem sido associada à variação na composição granulométrica do solo, que está

relacionada com sua capacidade de retenção de água (RUGGIERO et al., 2002; TOPPA, 2004).

Neste estudo, em três fitofisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis (EEcA), SP, são testadas as seguintes hipóteses: (1) as características físico-hídricas do solo expressas pela curva de retenção são determinantes do gradiente fisionômico na vegetação de cerrado na EEcA; (2) em solos arenosos ou de textura média, a composição granulométrica das partículas, especialmente daquelas menores que areia ( $< 0,05$  mm), e o arranjo estrutural estão associados ao estabelecimento do gradiente fisionômico na vegetação de cerrado; (3) o gradiente nos teores de Al trocável e de micronutrientes do solo é determinante do gradiente fisionômico na vegetação de cerrado.

Com base nestas hipóteses, este estudo objetiva verificar como diferentes fisionomias de cerrado e sua dinâmica, livres de perturbações nos últimos 50 anos, na EEcA, estão associadas às características morfológicas, químicas, físicas e físico-hídricas do solo, tendo como objetivos específicos: (1) caracterizar a distribuição granulométrica, a retenção de água e a retenção iônica de macro e microelementos do solo nas diferentes fisionomias; (2) caracterizar o solo morfológicamente e classificá-lo; (3) e identificar associações de variáveis (morfológicas, físicas, químicas e hídricas) e classes de solos com variáveis e tipos de vegetação nas diferentes fisionomias de cerrado da EEcA.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Solo como Determinante de Formações Vegetais**

O solo pode ser definido como o material não consolidado que ocorre na superfície da Terra, composto por sólidos (minerais e matéria orgânica), líquidos e gases, como resultado da interação entre clima, organismos e relevo agindo sobre o material de origem durante certo período de tempo e que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas (OLIVEIRA, 2005).

A Pedologia é a parte da Ciência do Solo que trata da origem, morfologia, distribuição, mapeamento e classificação dos solos, assim como do estudo do solo no seu habitat. O termo edafologia, algumas vezes utilizado como sinônimo de pedologia, refere-se à ciência que trata da influência dos solos em seres vivos, particularmente plantas, incluindo o uso da terra pelo homem, com a finalidade de proporcionar desenvolvimento de plantas (CURI et al., 1993; LEPSCH, 2002).

As combinações de intensidade de manifestação dos chamados fatores de formação do solo - material de origem, clima, organismos, relevo e tempo - resultam em uma grande diversidade de solos na paisagem, que apresentam natureza, composição e comportamento diferenciados (OLIVEIRA, 2005). Assim, sendo o solo suporte para o crescimento e desenvolvimento de plantas, a variação de solos interfere na formação e diferenciação da vegetação (ARENS, 1963; GOODLAND & POLLARD, 1973; GOODLAND & FERRI, 1979).

O termo fitofisionomia, ou tipo de vegetação, engloba a fisionomia, a flora e o ambiente. Por sua vez, a fisionomia, ou tipo fisionômico, refere-se à unidade de classificação que reconhece a vegetação por sua estrutura, formas de crescimento dominantes e eventuais mudanças estacionais que nela ocorram. Há uma fitofisionomia predominante em cada bioma, determinada primeiramente pelo clima, mas outras também são encontradas. Essa ocorrência está associada a eventos temporais, tempos geológico e ecológico, e variações locais, como aspectos físicos e químicos do solo e topografia (WALTER, 2006; RIBEIRO & WALTER, 2009).

Geralmente, dentre os diversos sistemas de classificação da vegetação existentes, são reconhecidos seis grandes biomas no Brasil: a Floresta Amazônica, a Floresta Atlântica, o Cerrado, os Campos Sulinos, a Caatinga, e o Pantanal (RIBEIRO & WALTER, 2009). O conceito de formação vegetal vem sendo atrelado a uma determinada área, a um clima definido e à fitofisionomia uniforme da vegetação, diferindo-se do conceito de bioma por não incluir a fauna (COUTINHO, 2006).

O conhecimento das inter-relações solo-vegetação nativa é de grande relevância frente às intervenções antrópicas que resultam na fragmentação e alteração de ambientes naturais, podendo auxiliar na manutenção e aproveitamento de sua biodiversidade, e é essencial ao manejo de áreas de preservação (FERREIRA, 2007). Contudo, o estabelecimento de relações diretas ou indiretas entre solo e vegetação é pouco estudado, principalmente, em áreas pouco alteradas (ROSSI et al., 2005).

RUGGIERO et al. (2002) investigaram a relação solo-vegetação na reserva Pé-de-Gigante, SP, e os resultados mostraram uma clara distinção entre as fisionomias de cerrado e a floresta estacional semidecidual com base nos parâmetros do solo, sendo que a floresta esteve associada à concentração mais elevada de cátions e a maiores teores de argila e que as fisionomias de cerrado foram associadas a teores mais elevados de alumínio trocável e de saturação por alumínio. Todavia, as fisionomias campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e cerradão não puderam ser distintas pelas variáveis de solo estudadas.

TOPPA (2004), estudando a inter-relação entre atributos de solos e fisionomias de cerrado e cerrado *stricto sensu* na Estação Ecológica de Jataí, SP, indicou que o aumento do teor de argila e dos teores de ferro, magnésio, cobre, enxofre, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica e o decréscimo no teor de areia no solo estão diretamente correlacionados com o aumento da biomassa e considera que tanto a biomassa quanto a ocorrência de espécies podem estar associadas à disponibilidade de água.

ROSSI et al. (2005), estudando a relação entre atributos de solos e diferentes formações vegetais do Parque Estadual de Porto Ferreira, SP, constataram que vegetação de maior porte (floresta e cerrado) ocorre associada aos teores mais elevados de matéria orgânica e nutrientes em superfície e de argila em todo o perfil. FERREIRA et al. (2007) identificaram no município de Campinas, SP, variáveis indicativas de retenção de água e fertilidade do solo como as mais significativas na diferenciação da fisionomia de cerrado daquela de floresta estacional, fisionomia predominante na região estudada.

RODRIGUES et al. (2007) consideram a variável topografia como a mais importante na distribuição das florestas tropicais, pois é a que comumente corresponde às mudanças nas propriedades dos solos, particularmente no regime de água e na fertilidade. Estes autores, estudando um fragmento de floresta estacional semidecidual no sul de Minas Gerais, constataram que a distribuição da maioria das espécies apresentou correlação com fertilidade e textura do solo ao longo de um gradiente topográfico. Em estudo realizado por CAMARGOS et al. (2008) no Parque Estadual do Rio Doce, MG, o regime hídrico, a grande quantidade de matéria orgânica e o alto teor de acidez potencial foram os principais fatores edáficos associados à distribuição de algumas espécies da floresta estacional semidecidual estudada.

Em estudo que avaliou a vegetação de fragmentos de floresta aluvial no município de São Sebastião da Bela Vista, MG, SILVA et al. (2009) concluíram que a heterogeneidade ambiental, representada principalmente por fatores edáficos químicos, texturais e de altura do nível freático, ocasionou variações florísticas e estruturais nos fragmentos estudados.

Os estudos citados buscam, principalmente, relacionar a vegetação com fatores topográficos e com a química e a granulometria do solo. Porém, estudos mais completos e que consideram conjuntamente atributos químicos, granulométricos, físico-hídricos e morfológicos ao longo de perfis do solo são raros (ROSSI et al., 2005; FERREIRA et al., 2007), ainda que importantes, pois permitem a identificação ou não de mais variáveis de solo envolvidas na diferenciação entre fitofisionomias dentro de uma mesma região de estudo.

## **2.1.1 Atributos físicos do solo**

### **2.1.1.1 Granulometria**

A parte sólida do solo é constituída de partículas de diferentes tamanhos. A textura, ou composição granulométrica, refere-se à proporção das partículas primárias menores que 2 mm (areia, silte e argila). Os calhaus e matacões, frações maiores que 2 cm, são descritos como pedregosidade (RESENDE et al., 1997). A estrutura do solo, determinada pelo tamanho, forma e arranjo espacial das partículas que o constituem, define a geometria dos espaços vazios nele encontrados. A distribuição de poros na matriz do solo desempenha papel fundamental nas relações entre fases sólida, líquida e gasosa, com marcada influência nos processos pedogenéticos e edáficos (MANFREDINI et al., 1984). Geralmente, os solos em seu estado natural, sob vegetação nativa, apresentam características físicas adequadas ao desenvolvimento normal dessa vegetação, como foi observado por ANDREOLA et al. (2000), ARAÚJO et al. (2004) e MACHADO et al. (2008). Mesmo que os atributos físicos de um solo possam parecer limitantes, a vegetação nativa que nele se estabeleceu está adaptada a essas condições.

A porosidade do solo, um dos parâmetros medidos pela curva de retenção, pode ser dividida entre macro e microporosidade, onde o potencial matricial de -6 kPa estabelece o limite entre as duas classes (REICHARDT & TIMM, 2004). A microporosidade é responsável pela capacidade de retenção de água e solutos no solo, enquanto que a macroporosidade influencia diretamente a capacidade de infiltração e drenabilidade e capacidade de aeração do solo (RESENDE et al., 1997). Portanto, em situações equivalentes, os solos arenosos apresentam uma resistência menor à retirada de água pelos vegetais e armazenam menos água do que os solos argilosos, que se comportam de maneira inversa.

Estudando a influência das características físico-hídricas das classes de solo da Bacia do Rio Jardim, Distrito Federal, e suas relações com as principais fitofisionomias de cerrado correspondentes, SPERA et al. (2005) mostraram que a diversidade de fitofisionomias foi parcialmente atribuída às diferenças nos valores de volume de microporos, mas que essa diversidade também pode estar vinculada a outros fatores pedológicos como profundidade do solo, fertilidade natural, drenagem natural e posição na paisagem (topo, meia encosta, baixada), estando esta última relacionada com a altura do lençol freático.

Segundo KLEIN & LIBARDI (2002) a presença de uma rede ideal de poros, com ampla variação de diâmetros, é um fator-chave na fertilidade do solo, pois interfere nas

relações entre drenagem, teor de água disponível para as plantas, absorção de nutrientes, penetração de raízes, aeração e temperatura. JUHÁSZ et al. (2007), em estudo realizado em uma toposequência de fisionomia de cerrado na Estação Ecológica de Assis, constataram que um dos fatores que pode definir o padrão vegetacional de cerrado é a baixa retenção de água nos horizontes de solo superficiais e subsuperficiais e latossólicos, condicionada pela elevada macroporosidade total.

Em estudo de um remanescente de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG, ESPÍRITO-SANTO et al. (2002) mostraram que a distribuição das espécies arbóreas está correlacionada, principalmente, com teores de areia, argila e silte e cota altimétrica média, os quais influenciam o regime de água dos solos, além do *status* nutricional dos solos estudados. MARTINS et al. (2003) encontraram correlação entre a fertilidade, acidez e textura de diferentes solos e a distribuição de espécies arbóreas ao longo do gradiente topográfico de um fragmento de floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG.

Estudos realizados por RUGGIERO et al. (2002) e TOPPA (2004) em diferentes fisionomias de cerrado sobre solos de textura média ou arenosa no Estado de São Paulo, mostraram que a hierarquia dos fatores condicionantes pode mudar entre locais e que os fatores hidrológicos e a capacidade de retenção de umidade do solo, relacionada com a granulometria, foram as características que mais influenciaram a estrutura e a composição florística da vegetação nos locais estudados.

### **2.1.1.2 Disponibilidade hídrica do solo**

Os atributos do solo, sua posição na paisagem e seu uso influenciam o sistema de partição de água, sendo o solo um reservatório dinâmico de água (MENEZES et al., 2009). A retirada da água do solo pelas plantas varia em função das características de granulometria e porosidade do solo e também em função da profundidade das raízes e das características fisiológicas dos vegetais.

A retenção de água é uma propriedade físico-hídrica do solo que pode ser caracterizada pela curva de retenção da água do solo, abreviadamente, curva de retenção, que expressa a relação entre a umidade do solo, em massa ou volume, e o potencial matricial correspondente (CHILDS, 1940, citado por MORAES et al., 1993), representando a quantidade de energia com a qual a água está retida no solo. Esta energia está relacionada com as características de granulometria e porosidade do solo, refletindo a disponibilidade de água para as plantas.

A determinação da curva de retenção é efetuada por meio de técnicas tradicionais de laboratório, tais como a da câmara de pressão (RICHARDS, 1965) e da centrífuga (SILVA & AZEVEDO, 2002), e baseia-se no levantamento de certo número de pontos nos quais a água está retida a diferentes potências matriciais, sendo que a partir destes pontos é traçada a curva de retenção. SILVA et al. (2006) mencionam vários modelos empíricos, dentre eles o de GENUCHTEN (1980), que têm sido propostos e empregados para a descrição da curva de retenção a partir de um determinado número de pontos medidos. As funções empíricas continuam sendo usadas para o ajuste destas curvas porque ainda não foram desenvolvidas expressões matemáticas teóricas capazes de representar adequadamente essa relação físico-hídrica (KASTANEK & NIELSEN, 2001), sendo importantes porque permitem a estimativa de parâmetros como macro e microporosidade, que estão relacionados com a capacidade do solo em reter água e que podem ser utilizados nos estudos de associação solos-vegetação.

A dinâmica da água no solo deve ser incluída em estudos sobre as relações solo-vegetação nativa por ser considerada um fator importante na definição do tipo de vegetação local (RUGGIERO et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2005; JUHÁSZ et al., 2006). LOBO & JOLY (2000) afirmam que o estresse imposto pela saturação hídrica do solo tem um forte caráter seletivo ao longo do tempo, determinando diferenças florísticas e fisionômicas entre matas de brejo, matas ripárias e matas mesófilas semidecíduais em função da presença de água no solo em caráter temporário ou permanente. Segundo JACOMINE (2000), nas áreas ocupadas pelas formações ciliares, são encontrados os mais diversos solos, os quais variam essencialmente em função do maior ou menor grau de hidromorfismo que ocorre nesses locais, cujos reflexos aparecem nos diversos tipos de formações florestais, resultando em diferentes características florísticas e fisionômicas.

Estudando um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de Ingaí, sul de Minas Gerais, BOTREL et al. (2002) observaram um gradiente entre Neossolos-Cambissolo-Argissolo, correspondente a um declínio na disponibilidade de água e de nutrientes minerais. O gradiente catenário identificado foi bem correspondido pela distribuição das espécies e da comunidade arbóreo-arbustiva, sendo, provavelmente, o regime de água o principal fator ambiental associado a essa distribuição, apesar das variações significativas na fertilidade dos solos com a modificação do relevo.

ROCHA et al. (2005) estudaram um *continuum* entre floresta estacional semidecidual montana e floresta paludosa no município de Coqueiral, MG, e verificaram que a soma de uma grande diversidade edáfica a um forte gradiente de umidade condicionaram o surgimento de diferentes habitats e, por conseqüência, de uma comunidade arbórea com elevada riqueza

florística, combinando fitofisionomias facilmente distinguíveis de floresta ripária semidecidual, floresta paludosa e resquícios de cerrado, e de uma zona de transição menos evidente, mostrando a importância da água na dinâmica da vegetação.

Em caracterização morfológica e físico-hídrica nos primeiros 1,5 m de profundidade de quatro Latossolos e de um Gleissolo em uma topossequência sob fisionomia de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP, JUHÁSZ et al. (2006) constataram significativas oscilações da umidade do solo ao longo do ano, mas sugerem realização de estudos em outras fisionomias de cerrado e em outras classes de solo, para melhor conhecimento das relações solo-vegetação associadas ao bioma de cerrado na região.

### **2.1.2 Atributos químicos do solo**

A fertilidade do solo está relacionada, principalmente, à constituição química do solo, mas também depende de suas características mineralógicas, granulométricas e biológicas e da disponibilidade de água. As condições de clima tropical úmido favorecem um acentuado intemperismo e uma constante remoção de elementos pela lixiviação. Nas regiões tropicais úmidas são encontrados os solos mais intemperizados, os chamados Latossolos, que contêm em sua fração argila uma predominância de argilominerais do tipo 1:1 e óxidos de ferro e alumínio e são, mais frequentemente, ácidos devido à pobreza de cátions básicos como o cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) no material de origem ou devido à perda destes, favorecida por processos pedogenéticos (RAIJ, 1991).

A absorção de elementos químicos pelas raízes das plantas acontece a partir da solução do solo. Os nutrientes retirados do solo pelos vegetais são incorporados nos seus tecidos, principalmente nas sementes e nos frutos, ou são eliminados durante os processos metabólicos. Em condições naturais, sem influência antrópica, os restos vegetais retornam ao solo e se decompõem, em processos terminados com a mineralização, no qual os nutrientes retornam a formas disponíveis e podem ser novamente adsorvidos pelos colóides do solo, absorvidos pelas raízes ou mesmo perdidos (LEPSCH, 2002).

Estudos envolvendo nutrientes no solo de ambientes naturais são de grande importância para o entendimento de questões relacionadas à dinâmica de funcionamento de ecossistemas, sendo que a disponibilidade de nutrientes no solo pode ser forte indício da composição mineral das espécies presentes. Portanto, solos com baixos teores de nutrientes sugerem que o retorno de nutrientes pela decomposição da serapilheira também deve ser baixo (MORENO et al., 2008).



GOODLAND & POLLARD (1973), em estudo realizado no Triângulo Mineiro, concluíram que o gradiente fisionômico da vegetação de cerrado correspondia a um gradiente de fertilidade do solo. MORENO & SCHIAVINI (2001) verificaram a existência de relação entre a ocorrência de espécies vegetais arbóreas de formações florestais ao longo de um gradiente florestal do bioma cerrado, constituído por mata de galeria, mata mesófila de encosta e cerradão, e os parâmetros físicos e químicos medidos no solo, sendo que a diferença significativa entre as três fitofisionomias foi dada pela concentração de cálcio, magnésio, potássio, fósforo e alumínio, e pela saturação por alumínio, saturação por bases e matéria orgânica. O gradiente de fertilidade na área de estudo, representado pelos valores de saturação por bases e soma de bases, indica a seqüência mata mesófila semidecidual de encosta > mata de galeria > cerradão. A menor fertilidade no cerradão foi caracterizada pela maior disponibilidade de alumínio e menor de cálcio e magnésio no solo.

No estudo de DURIGAN et al. (2003a), em que foi analisada a flora arbórea de 202 remanescentes de cerrado ocorrentes em São Paulo e em Estados vizinhos, a distribuição das áreas geradas por análise multivariada sugere que as relações de similaridade se estabelecem, primeiramente, em função do clima e em segundo lugar, em função da fertilidade dos solos. TOPPA (2004), em Luís Antônio, SP, encontrou maiores valores de fósforo, alumínio e manganês em floresta mesófila semidecidual do que em eucaliptal, cerrado *stricto sensu*, campo sujo, cerradão, cerrado em regeneração e plantio de *Pinus*. Por outro lado, a floresta mesófila semidecidual também apresentou altos valores de matéria orgânica, que aumenta a capacidade do solo reter nutrientes e água.

A quantidade de nutrientes nos solos da Floresta Amazônica é considerada baixa, mas isso é compensado, principalmente, pelo desenvolvimento de uma densa camada radicular que atua na retenção de nutrientes e pela ciclagem direta entre a serapilheira e as raízes das plantas através das micorrizas (PIRES-O'BRIEN & O'BRIEN, 1995). A existência da matéria orgânica no solo demonstra a ação dos agentes biológicos. A partir dela o solo é suprido de dois importantes elementos, o carbono e o nitrogênio. Em um ecossistema em equilíbrio, o teor de matéria orgânica é relativamente constante, refletindo o equilíbrio entre a incorporação de novos restos orgânicos e a decomposição por ação dos organismos. O fósforo e o enxofre são outros importantes nutrientes encontrados em proporções significativas na matéria orgânica do solo. Esta, além de fornecer nutrientes, também atua como condicionadora de solo, pois promove a agregação das partículas minerais, conferindo ao solo condições favoráveis de porosidade e de friabilidade, pode aumentar a retenção de água e é, em grande parte, responsável pela capacidade de troca de cátions (RAIJ, 1991). LIMA et al. (2003), em

estudo realizado numa floresta primária na Amazônia Oriental, observaram a formação de três grupos de espécies em função dos teores de cálcio, magnésio, potássio e alumínio, sendo que o grupo 1, o de menor fertilidade do solo, concentrou espécies da família Melastomataceae, sugerindo estratégia oligotrófica desta família botânica.

O sódio ( $\text{Na}^+$ ) pode ocorrer em teores trocáveis bem elevados em certos solos próximos ao mar ou de regiões semi-áridas (RAIJ, 1991). Alguns vegetais, os halófitos, são adaptados a viver em ambientes terrestres que apresentam uma elevada quantidade de sais. As adaptações dos halófitos, como a suculência, por exemplo, são expressas por formas especializadas de excreção, que permitem que eles mantenham constante o nível interno de concentração de sais (PIRES-O'BRIEN & O'BRIEN, 1995).

Visto isso, observa-se que o estudo dos atributos químicos de solos sob vegetação nativa, juntamente com os atributos físicos, pode contribuir para manutenção e recuperação de formações vegetais, já que possibilita a identificação de espécies vegetais associadas a determinadas variáveis de solo.

### **2.1.3 Morfologia e classificação dos solos**

Os solos podem ser definidos como corpos naturais constituídos de materiais minerais e orgânicos, organizados em camadas e, ou, horizontes resultantes da ação de fatores de formação, com destaque para a ação biológica e climática sobre um determinado material de origem e numa determinada condição de relevo, através do tempo (SANTOS et al., 2005).

É muito importante conhecer a distribuição dos solos na paisagem na execução dos levantamentos pedológicos e também nos estudos de gênese dos solos. A classificação destes é um procedimento indispensável na execução do levantamento pedológico, que é básico tanto para a pesquisa quanto para o manejo agrícola e não agrícola (PRADO, 2001). O corpo tridimensional representando o solo é chamado *pedon*. A face do *pedon*, denominada perfil, vai da superfície ao material de origem e é usada para fins de exame, descrição e coleta do solo. O estudo da morfologia do solo refere-se à descrição das propriedades detectadas pelos sentidos da visão e do tato, como cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, transição entre horizontes e, ou, camadas. O exame de campo e as análises de laboratório são complementares, sendo que a vantagem do primeiro método é que este permite inferências que nem sempre são obtidas a partir do segundo. Partes integrantes do solo, tais como a vegetação e suas raízes, a fauna e seu hábitat e a organização estrutural, não são preservadas na amostra (SANTOS et al., 2005).

A estrutura é um atributo fundamental que permite inferir o potencial de compactação,

a disponibilidade de água, a aeração, a condutividade do solo ao ar, à água e ao calor, a infiltração e a redistribuição de água (PREVEDELLO, 1996). Estudos que abrangem várias profundidades devem ser realizados também pelo fato de que podem revelar a que profundidade o solo está sendo explorado pelo sistema radicular das plantas, o que varia com a capacidade do solo em armazenar água e com a fisiologia da planta, fatores que contribuem na seleção da vegetação de uma região de acordo com a água disponível (HARIDASAN, 2000).

Considerando apenas os remanescentes mais extensos e menos dissecados, o cerrado ocorre normalmente sobre Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, que são descritos genericamente como profundos, bem drenados, pobres em nutrientes e praticamente sem minerais primários facilmente intemperizáveis (KER & RESENDE, 1996). REATTO et al. (2003), caracterizaram as principais fitofisionomias do Alto Curso do Rio Descoberto, Distrito Federal e Goiás, e as correlacionaram com suas respectivas classes de solo. Os Latossolos ocorrem em mais de 70% da área do local estudado, com Latossolo Vermelho estimada em 34,09% da área total e Latossolo Vermelho-Amarelo em 36,58%. A Latossolos Vermelhos estiveram associadas, predominantemente, as fitofisionomias de cerradão, cerrado típico e cerrado ralo, e a Latossolos Vermelho-Amarelos as fitofisionomias floresta tropical subcaducifólia, cerrado típico, cerrado ralo, vereda, mata de galeria e campo sujo.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES et al. (2005), estudando a relação entre as características do solo e a composição florística da vegetação natural de Ribeirão Preto, SP, observaram a existência de três grupos florísticos associados aos tipos de solos. O grupo vegetacional maior, associado a solos derivados do basalto, pôde ser subdividido em dois subgrupos de acordo com o grau de decomposição da rocha, estando a mata mesófila associada a Latossolo Roxo (Latossolo Vermelho com caráter férrico) e a mata decídua a Litossolo (Neossolo Litólico). Outros dois grupos foram identificados, um associado a Latossolo Vermelho Escuro (Latossolo Vermelho) e Latossolo Vermelho-Amarelo, cerradão, e outro a solo Hidromórfico (Gleissolo), mata paludícola, sendo que cada grupo apresentou uma composição florística característica.

Estudando Latossolos do Brasil Central, WOLF (1974) observou que a estrutura destes solos parecia ser mais importante para a retenção hídrica do que a textura. No estudo de FERREIRA et al. (2007), em que predominaram solos argilosos em subsuperfície, as variáveis associadas à ocorrência de cerrado coincidem com alguns atributos usados na diferenciação de horizontes B latossólicos (Latossolos), B texturais (Argissolos) e B níticos (Nitossolos). Isso sugere que, em áreas onde a ocorrência de formações savânicas é considerada marginal, a classificação dos solos, de acordo com diferenças de gradiente

textural e, mais especificamente, de estrutura do horizonte B dessas três classes de solo, pode contribuir na identificação de áreas favoráveis à ocorrência dessa fisionomia vegetal. Contudo, em alguns solos de textura média “grossa” (teor de argila  $\leq 20\%$ ), a classificação dos solos com horizonte B textural é mais dependente do gradiente textural, que pode ser menos importante para a retenção de água, que da estrutura desse horizonte B diagnóstico (PRADO et al., 1999). Portanto, estudos do solo realizados no campo e em diversas profundidades permitem diagnosticar, dentre outras propriedades, a estrutura, que pode ter mais relevância no processo de retenção de água do que a textura do solo, e podem acrescentar informações importantes no entendimento do porquê da diferenciação fisionômica na vegetação de um local.

## 2.2 Vegetação do Cerrado

O cerrado é considerado, internacionalmente, uma vegetação savânica, ou seja, uma vegetação com estrato arbóreo descontínuo, apresentando algumas relações ecológicas e fisionômicas com outras savanas da América Tropical, África, Ásia e Austrália (BEARD, 1953; RIBEIRO & WALTER, 1998). É o segundo maior bioma do Brasil, abrangendo aproximadamente 24% do território nacional, e ocupa, principalmente, a região Centro-Oeste do país, mas também engloba parte dos estados Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Paraná (SANO et al., 2007). KLINK & MACHADO (2005) o consideram a savana tropical mais rica do mundo, sendo que 44% de sua flora é endêmica, havendo uma grande diversidade de *habitats* e de espécies.

Contudo, o bioma Cerrado como um todo não é considerado uma savana (WALTER, 2006), uma vez que nele está inserido um mosaico de fisionomias, que, de acordo com RIBEIRO & WALTER (1998), podem ser assim classificadas: campo limpo, campo sujo e campo rupestre (formações campestres); cerrado *stricto sensu* - dividido nas sub-classes cerrado típico e cerrado denso, cerrado ralo e cerrado rupestre (formações savânicas); e cerradão, matas de galeria, matas ciliares e matas secas (formações florestais), sendo que o cerradão marca a transição entre savana e floresta tropical estacional semidecidual, ou seja, o ecótono.

Durante muito tempo acreditou-se que as características escleromórficas do cerrado eram decorrentes de deficiência hídrica (WARMING, 1973). No entanto, o clima do cerrado é típico das regiões de savanas mais úmidas do mundo, com precipitações médias que oscilam entre 800 e 2.000 mm e temperaturas que variam entre 18 e 28°C (RATTER et al., 1997), o

que asseguraria disponibilidade de água para o estrato arbustivo-arbóreo durante todo o ano para espécies de maior porte. Segundo ALHO & MARTINS (1995), as plantas de cerrado apresentam sistema radicular que se aprofunda a 15 ou até 20 metros, o que faria com que indivíduos do estrato arbóreo dessa fisionomia vegetal sofressem menos com a estação seca. CASTRO & KAUFFMAN (1998) reportam, entretanto, que até 80% da fitomassa subterrânea em um gradiente de cerrado no DF está nos primeiros 30 cm de solo.

A distribuição do cerrado está relacionada com a sazonalidade do clima, com período chuvoso principalmente entre outubro e março e sua ocorrência, em comparação com as outras fisionomias competitivas, as florestas, depende mais dos fatores ambientais locais: topografia e drenagem (posição do solo na paisagem), status de nutrientes no solo e histórico de fogo da área, além da influência antrópica (EITEN, 1972; FURLEY, 1999).

O solo, juntamente com o clima, é considerado um dos determinantes mais importantes para a distribuição de espécies e para a variação florística no cerrado, pois é responsável pela disponibilidade de nutrientes e de água para as plantas, agravando ou atenuando períodos de seca atmosférica (RATTER & DARGIE, 1992). As teorias que relacionam a ocorrência de vegetação de cerrado a uma baixa disponibilidade de nutrientes no solo se dividem em duas vertentes principais: a do escleromorfismo oligotrófico, que associa a morfologia peculiar (diferenciações fisionômicas) das plantas de cerrado a um inadequado suprimento de nutrientes essenciais (ARENS, 1963) e a conhecida como escleromorfismo aluminotóxico, onde altos níveis de alumínio trocável no solo definem o predomínio dessa vegetação (GOODLAND, 1971). Essas duas teorias têm em comum a idéia de que tanto a saturação do complexo de troca por  $Al^{3+}$  como a quantidade de macro e micronutrientes são determinantes das características morfológicas e adaptabilidade das espécies do cerrado (LOPES & COX, 1977).

Na maior parte da região de domínio do cerrado predominam Latossolos, sendo que mais de 95% deles, segundo LOPES (1984) e ADÁMOLI et al. (1987), são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5. GOODLAND (1971) menciona evidências de que grupos de plantas com alto valor de importância no cerrado, como Vochysiaceae, não só toleram como são acumuladoras de alumínio. HARIDASAN (1982), classificando as plantas do cerrado em grupos funcionais, identifica um grupo de acumuladoras de alumínio, destacando várias Vochysiaceae (*Qualea grandiflora*, *Q. parviflora*, *Q. multiflora*, *Vochysia thyrsoidea*, *V. elliptica*) Melastomataceae (*Miconia ferruginata*, *M. pohliana*) e Rubiaceae (*Palicourea rigida*).

RAWITSCHER (1948) aventou a hipótese de o cerrado ser condicionado pela ação

antrópica, especialmente por incêndios frequentes. EITEN (1972) atribui a ocorrência da vegetação de cerrado à queima continuada da vegetação e a uma menor disponibilidade hídrica para as plantas, porém este autor não explica como a vegetação de áreas naturais que sofreram queimadas em uma mesma época podem regenerar diferentemente, ao longo do tempo, uma em cerrado e outra em floresta (ROSSI et al., 2005). Segundo estes autores, a ocorrência de formações vegetais de cerrado lado a lado com formações florestais, sob climas atmosféricos semelhantes, conduz à hipótese de que, em clima atmosférico semelhante, a diferenciação entre as formações vegetais é consequência do pedoclima, mais especificamente de uma disponibilidade hídrica do solo diferenciada.

Apesar de sua rica biodiversidade, o cerrado foi relegado, até pouco tempo atrás, a um segundo plano em todas as definições de ecossistemas prioritários para a conservação no Brasil e tornou-se alvo de um acelerado processo de destruição, o que resultou em sua indicação como um dos *hotspots* globais para conservação (MYERS et al., 2000). MACHADO et al. (2004) revelaram que, até 2002, permaneciam intactos apenas 45% da cobertura original do Cerrado em todo o país e que somente 2,2% deste bioma estavam inseridos em áreas protegidas. SANO et al. (2007), todavia, encontraram 60,5% de vegetação remanescente do Bioma Cerrado em toda a sua área de ocorrência, alegando que a diferença nos dois valores pode ser explicada pelas diferenças no conceito de cobertura vegetal natural, pelas resoluções espaciais distintas dos dois sistemas sensores envolvidos e, ainda, pelas diferenças nos limites do bioma. As áreas de vegetação natural mais extensas ocorrem na porção norte na região do estudo, nos Estados de Tocantins, Maranhão e Piauí, enquanto a maior parte da região sul apresenta antropização, com destaque para as partes de cerrado no Estado de São Paulo (SANO et al., 2007).

Em São Paulo, os fragmentos de cerrado existentes podem ser divididos em dois grandes grupos fitogeográficos: fragmentos onde ocorrem formas campestres de cerrado (cerrado e campo cerrado), geralmente localizados na porção leste do Estado, e fragmentos de fisionomia florestal (cerradão, ecótono cerradão/floresta estacional semidecidual ou mata ciliar), geralmente localizados na porção oeste (DURIGAN et al., 2003b).

Originalmente, o cerrado ocupava 14% do Estado de São Paulo, sendo que no início da década de 70 as formações cerradão, cerrado e campo cerrado abrangiam 105.390 ha (0,42%), 784.990 ha (3,16%) e 148.390 ha (0,60%), respectivamente, ou seja, 4,18% do Estado (SERRA FILHO et al., 1974). Levantamentos realizados por KRONKA et al. (2005) mencionam que no ano 2001 havia apenas 184.135 ha de remanescentes de cerrado, o que corresponde a 0,74% da área de SP. Além da grande redução da vegetação de cerrado no

estado, a proteção legal dos remanescentes ainda não é adequada, pois somente 0,5% da área original coberta por essa vegetação e ecótonos entre cerrado e floresta estão inseridos em unidades de conservação (DURIGAN et al., 2006).

Mesmo com o elevado grau de fragmentação do cerrado paulista ainda podem ser identificados remanescentes de distintas fisionomias: campo sujo, campo cerrado, cerrado *stricto sensu* e cerradão, além das formações associadas, os campos gramíneos úmidos, matas de brejo e matas ciliares (DURIGAN et al., 2004). Recentemente, foi regulamentada a Lei nº 13.550, de 2 de junho de 2009, que “dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Cerrado no Estado, e dá providências correlatas”, através da Resolução SMA-064, de 10 de setembro de 2009, a qual considera todas as suas fisionomias, além de detalhar os estádios de regeneração das mesmas (SÃO PAULO, 2009).

Além de estudos florísticos e fitossociológicos, estudar os fatores ambientais que possam ter favorecido a ocorrência do cerrado e suas diferentes fisionomias em locais diversos é fundamental para que sejam tomadas medidas apropriadas de manutenção e recuperação desta vegetação, merecendo destaque estudos pedológicos abrangentes, que englobem não só atributos granulométricos e químicos do solo, mas também os físico-hídricos e os morfológicos.

### **2.3 Sucessão da Vegetação em Cerrados**

Dadas as condições ambientais altamente restritivas em relação aos padrões convencionais ideais para o desenvolvimento de plantas, encontra-se no cerrado uma flora peculiar, adaptada a solos ácidos e de baixa fertilidade, cujos processos evolutivos são praticamente desconhecidos. Adaptadas para ocupar este ambiente agreste, as plantas do cerrado perdem espaço para as espécies florestais quando os solos e o clima são mais favoráveis.

As espécies que compõem o cerrado são heliófitas (com poucas exceções de espécies que ocorrem no sub-bosque do cerradão) e apresentam excepcional capacidade de rebrota a partir de estruturas subterrâneas após o corte ou a passagem do fogo e essas duas características diferenciam bastante o processo sucessional do cerrado do modelo conhecido para floresta (DURIGAN, 2003).

No processo de sucessão secundária em florestas tropicais há uma substituição de espécies ao longo do tempo que, segundo BUDOWSKY (1970), culmina com um estágio climácico cuja composição florística, estrutura e fisionomia são relativamente estáveis,

embora não estáticas. No cerrado, o processo sucessional consiste apenas de uma alteração de fisionomias mais abertas para fisionomias mais densas, sem muita substituição de espécies, até um clímax que é definido pela capacidade de suporte do meio (EITEN, 1972; GOODLAND & FERRI, 1979; COUTINHO, 1982 e 1990; PIVELLO & COUTINHO, 1996). Alguns estudos (DURIGAN et al., 1987; RATTER et al., 1988; DURIGAN & RATTER, 2006) mostram que este processo sucessional tende a ocorrer com a supressão dos agentes de perturbação, especialmente o fogo, e que fisionomias abertas de cerrado poderão desaparecer em algumas regiões. NASCIMENTO et al. (2002), verificaram que áreas hoje ocupadas por cerrados ralo, denso e típico, formações savânicas, no Distrito Federal, foram no passado cobertas por uma mesma fitofisionomia, mais semelhante a um cerrado ralo, demonstrando um aumento na densidade de plantas lenhosas em duas áreas estudadas. Em estudo recente, PINHEIRO & DURIGAN (2009) analisaram o mosaico de fisionomias existente na Estação Ecológica de Assis, SP, e verificaram que as fisionomias se modificaram ao longo de quatro décadas, com tendência ao aumento de biomassa.

HARIDASAN (2000) discorda de alguns autores que acreditam que o cerrado *stricto sensu*, uma vez protegido contra o fogo, podem ser transformados em cerradões. Segundo o autor, isso não aconteceria porque a reserva de nutrientes na biomassa e no solo de um cerrado não é suficiente para desenvolvimento de uma biomassa maior de árvores e porque a composição florística dos cerradões é geralmente diferente dos cerrados: as espécies exclusivas do cerradão podem requerer uma maior disponibilidade de nutrientes para estabelecimento.

A sucessão de espécies na paisagem também pode ser determinada por diferenças nos níveis de sombreamento (FRANCO, 2005; COUTINHO, 2006). Em estudo realizado por PINHEIRO (2008), foram observadas três fisionomias de cerrado estruturalmente distintas: cerradão, cerrado denso e cerrado típico. Porém, em termos de florística, a diferenciação ocorreu apenas entre as fisionomias savânicas e a florestal, e pôde ser explicada pela disponibilidade de luz de acordo com a estrutura da vegetação, que favorece a abundância de espécies exclusivas do cerradão, tolerantes à sombra, ou das fisionomias savânicas, heliófitas.

Segundo MARIMON JR. & HARIDASAN (2005), em estudo realizado no Mato Grosso, o fator determinante para a coexistência de cerrado *stricto sensu* e cerradão seria a disponibilidade hídrica e não a fertilidade do solo, pois os solos com maior teor de argila, comuns sob cerradão, são capazes de reter maior quantidade de água ao longo do perfil por um tempo mais longo do que os solos arenosos característicos das fisionomias mais abertas de cerrado.



Observa-se, assim, a necessidade de conhecer melhor os atributos do solo e sua associação com a dinâmica de diferentes fisionomias de cerrado, especialmente nas regiões em que a estação seca de menor duração, como as de tipo climático Cwa ou mais úmido, determina ocorrência de cerrados apenas naqueles solos com menores teores de argila.

## **2.4 Tratamentos Estatísticos para Dados Ecológicos**

A natureza é de característica multifatorial, os numerosos processos bióticos e abióticos interagem, contribuindo para a formação de padrões estruturais, espaciais e temporais nas comunidades biológicas. Detectar e descrever estes padrões e formular hipóteses sobre as possíveis causas que os regem constituem os principais objetivos das técnicas de análises estatísticas multivariadas. A facilidade de acesso a pacotes computacionais para realização dos cálculos faz com que o uso destas análises seja cada vez mais freqüente (VALENTIN, 2000).

Os métodos de ordenação servem para produzir um certo número de variáveis para representar as relações entre uma quantidade de amostras, principalmente através de gráficos (MANLY, 2008). A análise de componentes principais (PCA ou ACP) é um desses métodos de grande tradição nos estudos de ecologia florestal e tem sido mais utilizada para ordenar sítios a partir de variáveis ambientais, como nos estudos de MOTTA et al. (2002), GOMES et al. (2004) e VALLADARES et al. (2008).

Em uma matriz original de dados, cada sítio tem um valor para cada variável ambiental. Na PCA, cada sítio tem um valor para cada componente (eixo), sendo cada componente principal uma combinação linear das variáveis originais. Quando os dois primeiros componentes principais (eixo 1 e eixo 2) conseguem reter cumulativamente quantidade suficiente da informação total contida no conjunto das variáveis originais, cada amostra  $x$ , que era descrita por  $y$  variáveis, pode ser definida por duas novas variáveis, os eixos 1 e 2, o que possibilita sua localização como um ponto em um gráfico bidimensional. Quanto mais próximos forem os pontos, maiores tenderão a ser suas semelhanças, podendo ser, então, utilizadas como ferramenta no agrupamento de indivíduos (VALLADARES et al., 2008).

O processo de extrair mais eixos pode ir até o número de eixos se igualar ao número de variáveis, porém os eixos posteriores vão contribuir cada vez menos para explanar os dados. Na maioria dos estudos são utilizados apenas os dois primeiros eixos, considerados suficientes para explicar os dados e pela facilidade de interpretação de um gráfico em duas

dimensões (MANLY, 2008).

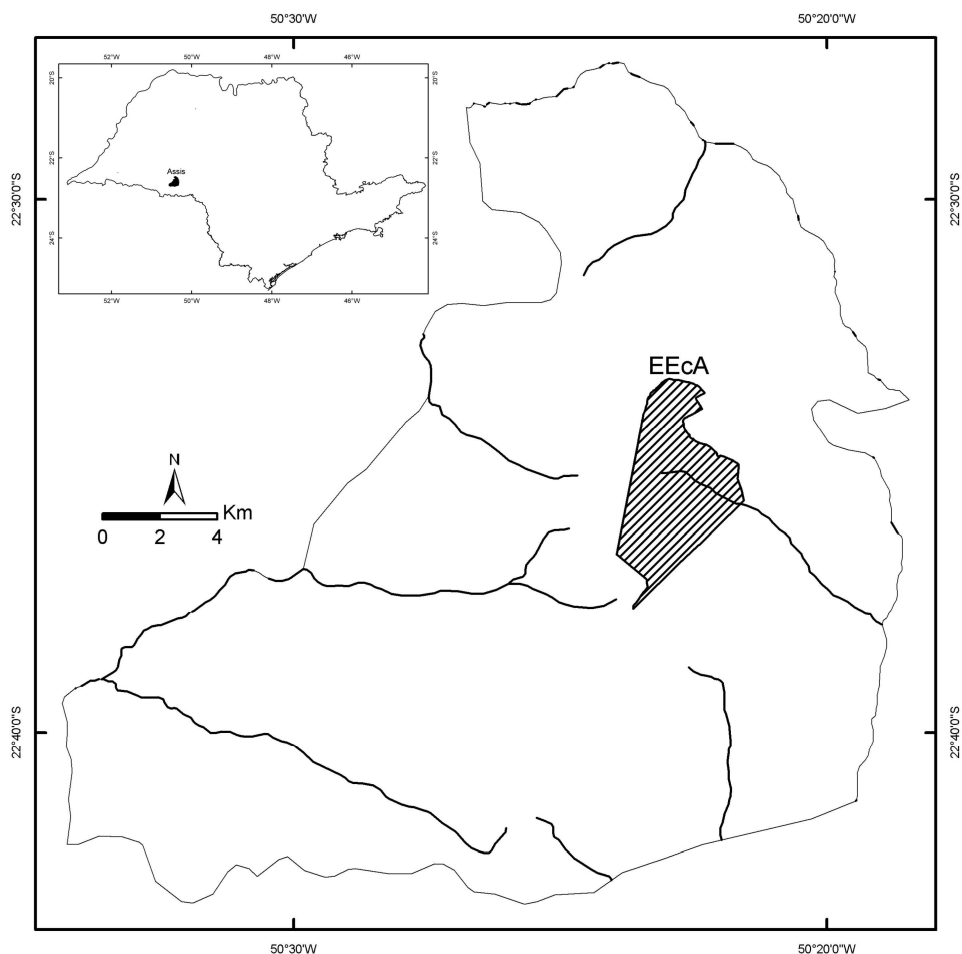
A análise de correspondência canônica (CCA) realiza uma análise direta de gradientes, pressupondo respostas unimodais, baseadas na média ponderada dos dados (TER BRAAK, 1987), sendo indicada para analisar e visualizar as associações entre variáveis ambientais e abundância de espécies. Diversos autores, como NAPPO et al. (2000), OLIVEIRA-FILHO et al. (2001), BOTREL et al. (2002), RUGGIERO et al. (2002), TOPPA (2004), ROCHA et al. (2005), FERREIRA et al. (2007) e SILVA et al. (2009), utilizaram este tipo de análise para indicar variáveis ambientais condicionantes da vegetação.

Na CCA, os eixos são definidos em combinação com as variáveis ambientais, produzindo diagramas (*biplots*) em que são apresentados conjuntamente espécies e parcelas, como pontos ótimos aproximados no espaço bidimensional, e variáveis ambientais, como vetores ou flechas, indicando a direção das mudanças destas variáveis no espaço de ordenação. Esse diagrama possibilita a visualização de um padrão de variação da comunidade bem como das características principais responsáveis pelas distribuições das espécies ao longo das variáveis ambientais (TER BRAAK, 1987). Para testar a probabilidade de acerto das relações encontradas é utilizado o teste de permutação de Monte Carlo (TER BRAAK, 1988). Contudo, baixas porcentagens de variância dos dados são esperadas em ordenações de dados ecológicos, tendo em vista a complexidade dos fatores envolvidos na determinação da composição florística e estrutural de formações vegetais (TER BRAAK, 1988), como condições de luz e água, fatores de dispersão das espécies e outros que nem sempre podem ser medidos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

O presente estudo foi realizado na Estação Ecológica de Assis (EEcA), unidade de proteção integral dos recursos naturais, localizada ao norte do município de Assis, SP, entre as coordenadas 22°33'65'' e 22°36'68'' lat. S e 50°22'29'' e 50°23'00'' long. W e com altitude que varia de 520 a 590 m (DURIGAN et al., 1999). A EEcA está inserida no Planalto Ocidental paulista (Figura 1), em uma região com relevo suave-ondulado, sendo que em aproximadamente 58,5% de sua área a declividade varia entre 2 e 5%, em 25% entre 0 e 2%, em 16% entre 5 a 12% e em menos de 1% da área a declividade é maior do que 12% (IPT, 1981).



**Figura 1** – Localização e limite da Estação Ecológica de Assis em relação ao estado de São Paulo e ao município de Assis.

De acordo com o sistema de classificação de Köppen, a região em estudo está em uma zona de transição do tipo climático Cwa para o Cfa, os quais se diferem essencialmente na duração do período seco, variável nessa região (FARIA et al., 2004). A temperatura média anual é de 22,1°C, a média das máximas é 28,7°C e a das mínimas é 15,4°C e a pluviosidade média anual é de 1441 mm (CEPAGRI, 2009). Durante o inverno, esporadicamente, podem ocorrer geadas que, segundo BRANDO & DURIGAN (2004), produzem distúrbios na vegetação do cerrado.

A formação geológica local corresponde ao Grupo Bauru, Formação Adamantina, constituída principalmente por bancos de arenitos de granulação fina a muito fina e coloração rósea a castanha, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, castanho-avermelhados a cinza-castanhos, além de sedimentos aluvionares de areias não consolidadas

de granulação variável e argilas fluviais (IPT, 1981).

No levantamento pedológico semidetalhado realizado por BOGNOLA et al. (1996) foram identificados na EECA principalmente Latossolos Vermelho-Escuros (Latossolos Vermelhos) de textura média e Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos), todos distróficos e álicos. De acordo com ROSSI et al. (2008), na EECA predominam Latossolos Vermelhos de textura média (88% da área) e Argissolos Vermelho-Amarelos de textura arenosa/média (10% da área), ambos distróficos. O restante da área (cerca de 2%) é ocupado por gleissolos háplicos e neossolos quartzarênicos, ambos distróficos. No local, o regime de umidade do solo é Údico, conforme classificação da SOIL SURVEY STAFF (1999), o qual é caracterizado por menos de três meses cumulativos no ano com solo seco e um sistema trifásico (sólido-líquido-gasoso) na maior parte do tempo.

A vegetação desta unidade de conservação pode ser classificada como cerrado *lato sensu*, predominando a fitofisionomia cerradão, que ocupa 91,43% da área e possui árvores que chegam a 15 m de altura, formando uma cobertura arbórea fechada. O restante da vegetação é representado por pequenas manchas com estrato arbóreo descontínuo, que configura a fitofisionomia de cerrado *stricto sensu* e ocupa 3,4% da EECA, mata-galeria com estrato arbóreo denso ao longo dos córregos e vegetação herbácea e arbustiva exclusivamente higrófila nos terrenos úmidos (DURIGAN et al., 1999; PINHEIRO et al., 2008).

### 3.2 Histórico da Estação Ecológica de Assis

A Estação Ecológica de Assis (EECA), que preserva um dos últimos remanescentes de cerrado na região oeste do estado de São Paulo, foi criada em 1992, com uma área de 1.312,18 ha, sendo que desde 1959, quando foi criado o Horto Florestal de Assis, o pastoreio, as queimadas, a agricultura e a exploração de madeira foram interrompidos na área (DURIGAN et al., 1987). Em 2002 a área da unidade foi ampliada, com a incorporação de antigos talhões de *Pinus* e *Eucalyptus*, passando a abranger 1.760,64 ha. Segundo E.S.PINHEIRO (UFAM/comunicação pessoal), três das 30 parcelas permanentes alocadas na EECA foram instaladas em locais que foram atingidos por um incêndio acidental: parcelas 16, 17 e 18, todas de cerrado denso, mas que estão em avançada transição para cerradão. Este episódio de incêndio ocorreu em meados da década de 80 (G.DURIGAN, IF/comunicação pessoal).

A EECA apresenta ao menos duas fitofisionomias distintas: o cerrado *stricto sensu* e o cerradão, podendo a primeira ser subdividida no local em cerrado típico e cerrado denso,

levando a crer que além dos fatores antrópicos e do fogo, outros fatores ambientais, como tipo de solo, microclima e disponibilidade de luz, devem ser analisados como condicionantes do processo de formação das diferentes fisionomias de cerrado. Atualmente, o cerradão ocupa mais de 90% da unidade de conservação, sendo que, aparentemente, segundo PINHEIRO & DURIGAN (2009), o processo de adensamento deve prosseguir.

### 3.3 Vegetação

As fisionomias de cerrado presentes na EEcA consideradas neste estudo, previamente classificadas por PINHEIRO & DURIGAN (2009) segundo classificação de RIBEIRO & WALTER (1998), podem ser assim caracterizadas:

- Cerrado típico: possui o solo revestido por gramíneas, ervas e subarbustos e o estrato arbóreo é descontínuo. A cobertura arbórea média de copas varia de 20 a 50%.

- Cerrado denso: vegetação mais baixa e mais aberta do que o cerradão, com a cobertura arbórea média variando de 50 a 70%. É um tipo fisionômico mais denso e alto do cerrado *stricto sensu* e que, segundo DURIGAN et al. (2004), normalmente é encontrado em pequenas áreas de transição do cerrado típico para o cerradão.

- Cerradão: fitofisionomia florestal, com vegetação arbórea que forma um dossel fechado, normalmente com mais de 90% de cobertura, e altura média das árvores que varia entre 8 e 15 m. De acordo com o estudo de PINHEIRO & DURIGAN (2009), na EEcA a cobertura de copas deste tipo fisionômico foi de 100%.

Em cada uma das três diferentes fisionomias de cerrado existentes nas áreas de estudo, (cerrado típico, cerrado denso e cerradão), foram estudadas dez parcelas permanentes com área de 20 x 50 m (1.000 m<sup>2</sup>), previamente classificadas e mapeadas utilizando-se imagens de satélite (PINHEIRO et al., 2008), com caracterização de estrutura, composição florística e diversidade por PINHEIRO (2008), perfazendo um total de 30 parcelas. As parcelas foram sistematicamente distribuídas, de modo a representar toda a área ocupada por cada uma das fisionomias, sendo que cada uma delas foi subdividida em 10 sub-parcelas de 100 m<sup>2</sup>.

Os levantamentos foram efetuados por PINHEIRO (2008) no primeiro semestre de 2006, pelo método de parcelas (MÜLLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974), medindo-se DAP (diâmetro do tronco a 1,30 m acima do nível do solo) e altura de todos os indivíduos arbóreos vivos e com DAP mínimo de 5 cm, os quais foram identificados e numerados com etiquetas de alumínio para remedições futuras e estudos de dinâmica.

A separação visual das fisionomias correspondeu à separação resultante dos cálculos

de parâmetros estruturais da vegetação, sendo as três fisionomias de cerrado estudadas estruturalmente distintas e correspondentes à caracterização desses tipos proposta por RIBEIRO & WALTER (1998) e a área basal ( $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ ) o melhor parâmetro utilizado para classificação dos tipos fisionômicos; porém, floristicamente, a diferença foi observada apenas entre cerradão e cerrado *stricto sensu* (PINHEIRO, 2008).

No presente estudo de associação com os solos foram utilizados os dados de abundância de espécies, área basal, fitomassa aérea e cobertura de copa do estrato arbóreo, obtidos por PINHEIRO (2008).

### **3.4 Solos**

#### **3.4.1 Coleta e análise das amostras compostas de solo**

Em cada uma das 30 parcelas permanentes foram coletadas duas amostras compostas de solo com trado holandês, uma do horizonte superficial (A) de 0 a 20 cm e outra do horizonte subsuperficial (B ou C), de 60 a 80 cm de profundidade, sendo cada uma dessas amostras compostas por 10 amostras simples, uma por sub-parcela de  $100 \text{ m}^2$ .

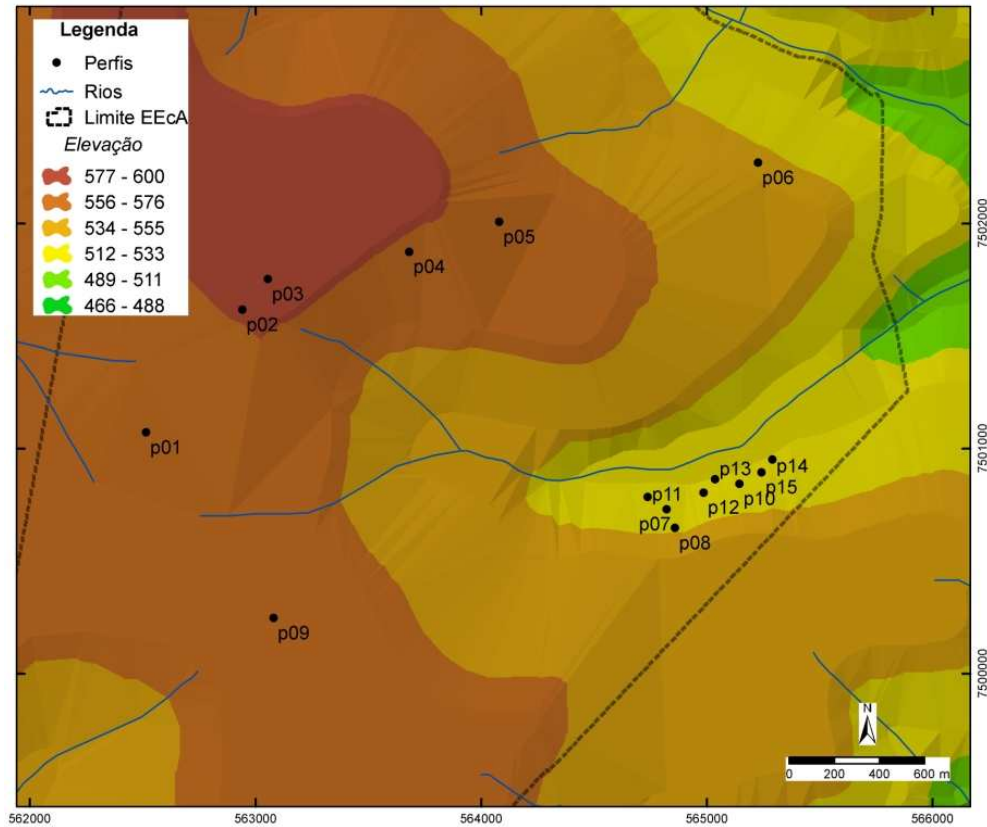
As análises granulométricas foram executadas pelo método da pipeta, obtendo-se as frações areia grossa, areia fina, silte e argila, de acordo com CAMARGO et al. (1986), e as químicas com fins de fertilidade (macronutrientes Ca, Mg, K, P; Al trocável; acidez potencial – H+Al; pH em  $\text{CaCl}_2$ ; matéria orgânica; e micronutrientes B, Cu, Mn, Fe e Zn), de acordo com RAIJ et al. (2001). A partir da análise química foram calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC), a soma de bases (SB), a saturação por bases (V) e a saturação por alumínio (m).

#### **3.4.2 Estudo dos perfis de solo**

Em 15 das 30 parcelas utilizadas na caracterização da vegetação, foi aberta uma trincheira externamente, porém imediatamente adjacente à parcela, com medidas aproximadas de  $1,5 \times 1,0 \times 2,0 \text{ m}$ , para caracterização do solo, totalizando 15 perfis de solo descritos e coletados, cinco para cada uma das três fisionomias de cerrado estudadas (cerrado típico, cerrado denso e cerradão) (Figura 2). Nas trincheiras, também foram realizadas tradagens na profundidade de 210 a 310 cm para observação de eventuais alterações morfológicas do solo.

Os perfis de solo foram descritos morfológicamente segundo SANTOS et al. (2005) e classificados no campo de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos

(SANTOS et al., 2006), chegando até o nível de família (5° nível categórico), posteriormente, após obtenção dos resultados das análises das amostras de solos.



**Figura 2** - Localização dos perfis de solo descritos em diferentes fisionomias de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. Cerradão: perfis 1, 4, 5, 6, 9; cerrado denso: perfis 2, 3, 8, 11, 12; cerrado típico: perfis 7, 10, 13, 14, 15.

### 3.4.2.1 Análises granulométrica e química do solo

Para essas determinações granulométricas e químicas em laboratório, foram coletadas amostras de solo a granel por horizonte diagnóstico do perfil. A partir da fração menor que 2 mm (terra fina seca ao ar - TFSA) das amostras, foram realizadas as análises granulométrica (frações areia grossa, areia fina, silte e argila), pelo método da pipeta, e química de rotina pedológica (determinação de pH em água e em KCl 1 M; C orgânico; Ca, Mg, K e Al trocáveis; acidez potencial e P assimilável), todas de acordo com CAMARGO et al. (1986).

### 3.4.2.2 Análise físico-hídrica do solo

Em dois sub-horizontes de cada perfil, um superficial (A) e outro subsuperficial (B ou

C), foram coletadas amostras não-deformadas, com anel volumétrico de 100 cm<sup>3</sup>, em três repetições, totalizando 90 amostras, para determinação da água retida nos potenciais matriciais de 0, -0,5, -2, -4, -6, -10, -30, -100, -500, -1.500 kPa. Estas medidas foram feitas pelo método da câmara de pressão (RICHARDS, 1965). A partir dos resultados obtidos, foi tirada a média das três repetições para elaboração da curva de retenção de água do solo, a qual foi ajustada pelo modelo de GENUCHTEN (1980), totalizando 30 curvas (15 por horizonte).

As curvas de retenção dos horizontes A e B ou C foram elaboradas por meio do programa SWRC, versão 3.00 (DOURADO-NETO et al., 2000), que determina os parâmetros  $\theta_s$ ,  $\theta_r$ ,  $n$ ,  $\alpha$  (alfa) e  $m$ . Nesse modelo,  $\theta_s$  define a assíntota superior da curva, representando a umidade de saturação, enquanto  $\theta_r$  define a assíntota inferior da curva, representando a umidade residual do solo; o parâmetro  $n$  é adimensional e reflete a forma da curva, enquanto que o  $\alpha$  é expresso em 1/kPa e é afetado pela escala da tensão da água no solo; o parâmetro  $m$  representa a restrição no ajuste da equação aos dados, calculada por  $m = [1-(1/n)]$ . Cada parâmetro reflete numericamente parte da curva de retenção de água e, em consequência, parte do comportamento da água no solo.

Além dos resultados obtidos pelo programa e dos parâmetros da curva, foram determinadas, em cada uma das 90 amostras indeformadas, a densidade, a quantidade de macroporos, microporos e água disponível do solo. Foi considerada como água disponível a água retida no solo entre -10 kPa e -1500 kPa. Densidade e porosidade do solo foram obtidas de acordo com os procedimentos relatados em CAMARGO et al. (1986).

### **3.5 Análise Estatística**

Os resultados das análises granulométrica e química das amostras compostas e das análises granulométrica, química e físico-hídrica das amostras coletadas nas trincheiras foram submetidos à análise de correlação simples e à análise estatística multivariada, para que fossem feitas as associações com os dados florísticos e com os dados estruturais, respectivamente, da vegetação da Estação Ecológica de Assis. Os dados de composição florística, abundância e estrutura das espécies arbóreas na vegetação correspondentes às fisionomias estudadas foram obtidos a partir da base de dados de parcelas permanentes existentes na EECA, que já foram objeto de outros estudos (DURIGAN & LEITÃO FILHO, 1995; PINHEIRO & DURIGAN, 2009; PINHEIRO & DURIGAN, submetido).

#### **3.5.1 Análise de correlação simples**

As análises de correlação de Pearson foram realizadas para verificar as correlações



existentes entre as variáveis edáficas com as variáveis da vegetação. Em relação aos dados da vegetação, foram consideradas a variável estrutural área basal, que foi o melhor parâmetro a ser utilizado para classificação dos tipos fisionômicos de cerrado estudados na EECA, de acordo com PINHEIRO (2008), e a riqueza de espécies, que corresponde ao número de espécies diferentes encontradas em cada parcela. A matriz de correlação foi composta da seguinte forma: para os dados de solo das 30 amostras compostas foram utilizados os parâmetros granulométricos e químicos analisados, considerando-se os horizontes superficial (A) e subsuperficial (B ou C); para os dados de solo dos 15 perfis de solo, também dos horizontes A e B ou C, além de atributos granulométricos e químicos do solo foram incluídos os físico-hídricos, sendo considerados os parâmetros  $\theta_s$  (umidade de saturação),  $\theta_r$  (umidade residual),  $n$ ,  $\alpha$  (alfa) e  $m$  da curva de retenção, densidade do solo, macroporosidade e microporosidade, mais as variáveis de estrutura da vegetação, o que totalizou 50 variáveis de solo mais as duas de estrutura da vegetação. As análises de correlação foram realizadas no programa MINITAB, versão 13.1.

### **3.5.2 Análise multivariada**

As relações solo-vegetação são de natureza multifatorial, podendo ser estudadas pela análise multivariada, que permite identificar, por exemplo, variáveis edáficas com elevada contribuição na distribuição de espécies vegetais e, assim, na distribuição de diferentes fitofisionomias em uma determinada área de estudo. Por tratar de dois conjuntos de informações distintas, esta análise requer a organização de duas matrizes: uma de dados ambientais e outra de dados da vegetação, que no caso deste estudo é a abundância de espécies. Os procedimentos a seguir foram realizados separadamente, um para cada tipo de coleta de amostra e seus respectivos resultados das análises laboratoriais: amostras compostas de solo, coletadas nas 30 parcelas permanentes (análises granulométrica e química), e amostras de solo, deformadas (análises granulométrica e química) e indeformadas (análise físico-hídrica), coletadas nos 15 perfis de solo. Além dos dados de solo, também foram incluídos três dados de estrutura da vegetação, área basal, fitomassa aérea e cobertura de copa, que refletem a condição de luminosidade nas parcelas.

Para compor a matriz ambiental com os dados de solo e de estrutura da vegetação a serem analisados com a matriz de abundância de espécies, os parâmetros de solo e vegetação redundantes ou altamente correlacionados foram selecionados preliminarmente por análise dos componentes principais (PCA). Essa seleção foi feita de acordo com os maiores valores

de correlação encontrados entre as variáveis e os dois primeiros eixos da ordenação da PCA, que juntos explicam maior parte da variância dos dados, desconsiderando-se variáveis compostas por fatores equivalentes a outras variáveis já presentes ou apresentando o mesmo significado físico-ambiental. Além de eliminar informações redundantes, essa seleção visa adequar o número de variáveis ao número de parcelas experimentais, que deve ser superior ao número de variáveis, para a análise com os dados de abundância das espécies. Inicialmente, a matriz das 30 parcelas foi composta por 45 variáveis, sendo 42 variáveis de solo (21 para cada horizonte, A e B ou C) mais as três de estrutura da vegetação, e a matriz das amostras dos 15 perfis foi formada por 53 variáveis, sendo 50 de solo (25 por horizonte) mais as três da vegetação.

Após a seleção feita por PCA, as variáveis selecionadas foram organizadas em novas matrizes ambientais para que cada uma fosse analisada por correspondência canônica (CCA) com a matriz de abundância de espécies. Esta matriz foi composta pelos indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm presentes em número igual ou maior que três em pelo menos uma parcela, sendo desconsideradas as espécies raras devido à pouca ou nula influência que representam nos resultados da ordenação. Os valores de abundância ( $a$ ) das espécies selecionadas foram transformados pela expressão  $\ln(a + 1)$  para compensar os desvios causados por alguns poucos valores muito elevados, de acordo com as recomendações de TER BRAAK (1995). As duas matrizes foram submetidas à análise prévia da CCA, a partir da qual foram selecionadas as variáveis de solo com correlação ponderada superior a 0,40 com ao menos um dos dois primeiros eixos (OLIVEIRA-FILHO et al., 1994). Após esta nova seleção, procedeu-se uma nova análise de correspondência canônica, na qual foi aplicado o teste de permutação de Monte Carlo para verificar a significância das correlações entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais na CCA final. As análises multivariadas foram realizadas no programa Fitopac, versão 2.1.1.29 (SHEPHERD, 2009).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Atributos do Solo e a Vegetação das Parcelas Permanentes**

#### **4.1.1 Atributos granulométricos**

Observa-se predominância de solos de textura arenosa tanto no horizonte superficial A (18 amostras) quanto no horizonte subsuperficial B ou C (16 amostras), sendo os demais

horizontes de textura média (12 no horizonte A e 14 no B ou C). O teor de silte nas amostras é baixo, com média de 27g/kg no horizonte A e 28 g/kg no horizonte B ou C (Tabela 1).

**Tabela 1** – Granulometria das amostras compostas de solo das parcelas de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.

	Horizonte A (0-20 cm profundidade)					Horizonte B ou C (60-80 cm profundidade)				
	AG	AF	Silte g.kg <sup>-1</sup>	Argila	Classe Textural	AG	AF	Silte g.kg <sup>-1</sup>	Argila	Classe Textural
ct-2	489	397	22	92	Areia-franca	481	386	27	106	Areia-franca
ct-3	571	315	16	98	Areia-franca	502	371	18	109	Areia-franca
ct-4	513	378	13	96	Areia-franca	428	441	20	111	Areia-franca
ct-5	521	368	15	96	Areia-franca	510	364	18	109	Areia-franca
ct-7	448	429	30	93	Areia-franca	396	448	31	125	Areia-franca
ct-11	590	305	18	87	Areia-franca	528	356	15	102	Areia-franca
ct-12	399	462	44	95	Areia-franca	357	500	42	101	Areia-franca
ct-13	468	421	17	94	Areia-franca	501	370	20	110	Areia-franca
ct-19	272	591	30	107	Areia-franca	262	569	40	129	Areia-franca
ct-20	299	542	39	120	Areia-franca	263	555	43	140	Franco-arenosa
cd-1	403	448	20	129	Areia-franca	535	328	19	118	Areia-franca
cd-6	367	493	27	113	Areia-franca	352	487	33	128	Areia-franca
cd-8	476	397	21	107	Areia-franca	476	373	25	126	Areia-franca
cd-9	459	417	24	100	Areia-franca	445	409	24	121	Areia-franca
cd-10	449	427	28	95	Areia-franca	364	487	33	117	Areia-franca
cd-14	447	423	22	108	Areia-franca	398	457	24	122	Areia-franca
cd-15	461	408	20	112	Areia-franca	374	475	24	126	Areia-franca
cd-16	439	348	40	173	Franco-arenosa	372	382	39	208	Franco-argilo-arenosa
cd-17	441	350	38	171	Franco-arenosa	417	346	30	206	Franco-argilo-arenosa
cd-18	503	312	31	155	Franco-arenosa	424	342	31	204	Franco-argilo-arenosa
C-26	360	432	46	162	Franco-arenosa	319	470	35	176	Franco-arenosa
C-27	308	508	43	141	Franco-arenosa	305	499	40	157	Franco-arenosa
C-28	233	558	61	148	Franco-arenosa	218	556	53	173	Franco-arenosa
C-29	257	517	41	185	Franco-arenosa	268	527	46	158	Franco-arenosa
C-30	349	433	32	187	Franco-arenosa	363	450	28	160	Franco-arenosa
C-31	493	321	21	165	Franco-arenosa	426	375	15	184	Franco-arenosa
C-32	424	398	17	161	Franco-arenosa	384	413	21	183	Franco-arenosa
C-33	438	397	17	148	Franco-arenosa	377	452	16	156	Franco-arenosa
C-34	357	473	20	150	Franco-arenosa	303	521	25	151	Franco-arenosa
C-35	557	303	12	128	Areia-franca	526	297	15	162	Franco-arenosa

AG=areia grossa; AF=areia fina; cd=cerrado denso; ct=cerrado típico; C=cerradão.

Excetuando-se a parcela 35 (C-35), com horizonte A de textura areia-franca, as demais parcelas sob cerradão apresentaram horizontes A e B ou C de textura franco-arenosa, o que pode ter favorecido esta fisionomia de maior porte. Solos com maior teor de argila são capazes de reter mais água e podem suprir mais adequadamente as plantas com água nos processos de síntese de biomassa, uma vez que a disponibilidade de água regula a dinâmica dos nutrientes no solo e sua absorção pelas plantas (MARIMON & HARIDASAN, 2005).

Por outro lado, as fisionomias savânicas estão sobre solos que, nas profundidades avaliadas (0

a 20 e 60 a 80 cm), são de textura mais arenosa. Portanto, a drenabilidade dos solos destas parcelas é maior do que a das parcelas de cerradão, de solos com maior teor de argila, o que pode favorecer a fisionomia de menor porte. As parcelas de cerrado denso 16, 17 e 18 são exceções, pois estão sobre solos com teores de argila mais altos do que os de cerradão. Estas foram as parcelas alocadas em áreas da Estação Ecológica de Assis (EEcA) atingidas por incêndio (E.S.PINHEIRO, UFAM/comunicação pessoal), sendo que no estudo de PINHEIRO (2008), a parcela 18 foi caracterizada como ecótono para cerradão. Portanto, a diferença fisionômica entre essas três parcelas de cerrado denso e as de cerradão pode ter decorrido deste episódio de incêndio, que teria comprometido o adensamento da vegetação, e não dos atributos granulométricos do solo, os quais são bem semelhantes entre as parcelas. Resultados de granulometria semelhantes para as fisionomias de cerrado *stricto sensu* (cerrado típico e cerrado denso) e cerradão no Estado de São Paulo foram encontrados nos trabalhos de TOPPA (2004) e RUGGIERO et al. (2002), em que os solos também apresentaram textura média ou arenosa e com maior teor de argila verificado no cerradão, tanto em superfície quanto em subsuperfície.

#### **4.1.2 Atributos químicos**

Em ambos os horizontes a saturação por bases (V%) dos solos é muito baixa (V% < 25%) e o pH em CaCl<sub>2</sub> indica que são solos de acidez muito alta (pH inferior a 4,3) (Tabelas 2 e 3), de acordo com os limites estabelecidos por RAIJ et al. (1996). Os solos são distróficos (V% < 50%) e álicos (saturação por alumínio > 50%) (m%), pela classificação de SANTOS et al. (2006). No geral, o teor de matéria orgânica (MO) no horizonte A foi mais elevado nas parcelas de cerradão, o que pode ser consequência de maior acúmulo de serapilheira dessa fisionomia de maior porte.

**Tabela 2** – Atributos químicos do horizonte A (0 a 20 cm de profundidade) das amostras compostas de solo das parcelas de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.

	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	m%	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>			mmolc.dm <sup>-3</sup>					-	-			mg.dm <sup>-3</sup>		
ct-2	4	14	3,9	0,7	3	1	40	10	4,7	44,7	10,5	68,0	0,5	0,1	1,9	51	0,25
ct-3	3	13	3,9	0,6	3	1	41	9	4,6	45,6	10,1	66,2	0,4	0,2	2,9	85	0,16
ct-4	3	13	3,9	0,6	3	1	39	9	4,6	43,6	10,6	66,2	0,4	0,2	2,7	64	0,10
ct-5	3	13	3,9	0,6	3	1	37	9	4,6	41,6	11,1	66,2	0,5	0,1	2,5	61	0,25
ct-7	3	14	3,9	0,5	3	1	39	9	4,5	43,5	10,3	66,7	0,4	0,1	1,8	64	0,34
ct-11	3	14	3,9	0,6	3	1	41	9	4,6	45,6	10,1	66,2	0,4	0,2	3,4	120	0,25
ct-12	5	20	3,8	0,8	2	1	67	14	3,8	70,8	5,4	78,7	1,5	0,1	1,0	111	0,20
ct-13	3	13	3,9	0,6	3	1	42	10	4,6	46,6	9,9	68,5	0,5	0,2	2,0	70	0,29
ct-19	3	13	4,0	0,6	3	1	36	8	4,6	40,6	11,3	63,5	0,3	0,1	1,3	51	0,20
ct-20	4	16	4,0	1,0	3	1	42	9	5,0	47,0	10,6	64,3	0,3	0,1	1,6	57	0,20
cd-1	2	7	4,1	0,2	3	1	28	8	4,2	32,2	13,0	65,6	0,7	0,2	4,6	17	0,11
cd-6	4	15	3,9	0,6	4	1	46	11	5,6	51,6	10,9	66,3	0,4	0,2	2,6	70	0,29
cd-8	4	16	3,9	0,7	3	1	47	11	4,7	51,7	9,1	70,1	0,6	0,2	2,3	99	0,16
cd-9	4	15	3,9	0,7	3	1	44	9	4,7	48,7	9,7	65,7	0,5	0,1	2,8	110	0,29
cd-10	3	16	3,9	0,7	3	1	46	11	4,7	50,7	9,3	70,1	0,4	0,1	2,5	107	0,29
cd-14	3	13	3,9	0,6	3	1	39	10	4,6	43,6	10,6	68,5	0,5	0,2	2,3	61	0,10
cd-15	3	17	3,9	0,7	3	1	49	10	4,7	53,7	8,8	68,0	0,6	0,2	2,1	138	0,20
cd-16	5	21	3,9	0,8	2	1	89	15	3,8	92,8	4,1	79,8	0,3	0,2	1,7	230	0,25
cd-17	5	22	3,9	0,8	2	1	80	14	3,8	83,8	4,5	78,7	0,3	0,1	2,0	190	0,20
cd-18	5	21	3,9	0,8	3	1	79	14	4,8	83,8	5,7	74,5	0,3	0,1	1,3	210	0,20
C-26	7	25	3,9	1,0	3	1	70	12	5,0	75,0	6,7	70,6	0,3	0,2	2,9	140	0,34
C-27	5	21	3,9	0,7	3	1	59	11	4,7	63,7	7,4	70,1	0,3	0,1	2,3	131	0,39
C-28	6	20	3,9	0,6	3	1	63	11	4,6	67,6	6,8	70,5	0,3	0,2	2,1	130	0,25
C-29	2	8	4,0	0,3	2	1	34	8	3,3	37,3	8,8	70,8	0,2	0,1	1,5	17	0,16
C-30	2	8	4,0	0,3	3	1	36	10	4,3	40,3	10,7	69,9	0,2	0,1	1,1	18	0,16
C-31	5	20	3,9	0,7	3	1	63	12	4,7	67,7	6,9	71,9	0,4	0,2	2,3	90	0,25
C-32	5	20	3,9	0,8	4	1	60	10	5,8	65,8	8,8	63,3	0,4	0,1	3,8	100	0,29
C-33	5	17	4,0	0,6	3	1	63	12	4,6	67,6	6,8	72,3	0,3	0,1	2,0	70	0,34
C-34	5	20	4,0	0,7	3	1	63	13	4,7	67,7	6,9	73,4	0,4	0,1	2,8	63	0,16
C-35	4	16	3,8	0,8	2	1	70	12	3,8	73,8	5,1	75,9	0,3	0,2	2,2	148	0,43

P=fósforo; MO=matéria orgânica; K=potássio; Ca=cálcio; Mg=magnésio; H+Al=acidez potencial; Al=alumínio; SB=soma de bases; CTC= capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; Cu=cobre; Zn=zinco; Mn=manganês; Fe=ferro; B=boro; cd=cerrado denso; ct=cerrado típico; C=cerradão.

De acordo com os limites de interpretação estabelecidos por RAIJ et al. (1996), o teor de macronutrientes nos horizontes A e B ou C é: de médio a baixo para o cálcio, sendo, em média, baixo; baixo para o magnésio; de baixo a muito baixo para o potássio, sendo, em média, muito baixo; e de médio a muito baixo para o fósforo, sendo, em média, baixo. Segundo os mesmos autores, o teor de micronutrientes nos horizontes A e B ou C é: de médio a baixo para o cobre, sendo, em média, médio; baixo para o zinco; médio a baixo para o manganês, sendo, em média, médio; alto para o ferro; e médio a baixo para o boro, sendo, em média, médio para o horizonte A e baixo para o horizonte B ou C. Contudo, a classificação dos teores desses nutrientes foi estabelecida para espécies cultivadas e não para nativas.

**Tabela 3** – Atributos químicos do horizonte B ou C (60 a 80 cm de profundidade) das amostras compostas de solo das parcelas de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.

	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	m%	Cu	Zn	Mn	Fe	B
	mg.dm <sup>-3</sup>	g.dm <sup>-3</sup>	CaCl <sub>2</sub>				mmolc.dm <sup>-3</sup>				-	-				mg.dm <sup>-3</sup>	
ct-2	2	5	4,1	0,3	3	1	26	9	4,3	30,3	14,2	67,7	0,5	0,1	1,2	17	0,11
ct-3	2	5	4,1	0,3	3	1	25	7	4,3	29,3	14,7	61,9	0,5	0,1	1,5	19	0,11
ct-4	2	6	4,1	0,3	3	1	24	8	4,3	28,3	15,2	65,0	0,5	0,1	1,8	19	0,11
ct-5	2	6	4,1	0,3	3	1	26	7	4,3	30,3	14,2	61,9	0,5	0,1	1,5	19	0,11
ct-7	2	5	4,1	0,3	2	1	26	9	3,3	29,3	11,3	73,2	0,3	0,1	0,7	13	0,10
ct-11	2	7	4,1	0,3	3	1	27	8	4,3	31,3	13,7	65,0	0,4	0,1	1,4	21	0,11
ct-12	2	5	4,0	0,3	2	1	29	9	3,3	32,3	10,2	73,2	0,4	0,1	0,7	19	0,11
ct-13	2	6	4,1	0,3	3	1	27	9	4,3	31,3	13,7	67,7	0,4	0,1	1,0	18	0,11
ct-19	2	6	4,1	0,3	3	1	26	7	4,3	30,3	14,2	61,9	0,2	0,1	0,9	19	0,11
ct-20	2	6	4,1	0,4	3	1	28	8	4,4	32,4	13,6	64,5	0,2	0,1	0,9	19	0,20
cd-1	4	16	3,9	1,0	3	1	42	10	5,0	47,0	10,6	66,7	0,7	0,1	3,7	71	0,29
cd-6	2	7	4,0	0,3	3	1	30	10	4,3	34,3	12,5	69,9	0,4	0,1	1,2	20	0,16
cd-8	2	7	4,0	0,4	3	1	30	9	4,4	34,4	12,8	67,2	0,6	0,1	1,3	21	0,10
cd-9	2	7	4,0	0,4	3	1	30	9	4,4	34,4	12,8	67,2	0,5	0,1	1,5	23	0,20
cd-10	2	7	4,0	0,3	3	1	30	9	4,3	34,3	12,5	67,7	0,4	0,1	1,4	19	0,10
cd-14	2	6	4,0	0,4	3	1	29	9	4,4	33,4	13,2	67,2	0,5	0,1	1,0	20	0,16
cd-15	2	7	4,0	0,5	3	1	30	9	4,5	34,5	13,0	66,7	0,5	0,1	0,9	21	0,11
cd-16	2	11	3,9	0,3	2	1	58	16	3,3	61,3	5,4	82,9	0,3	0,1	0,5	45	0,11
cd-17	2	13	3,9	0,3	2	1	63	13	3,3	66,3	5,0	79,8	0,3	0,1	0,6	45	0,10
cd-18	2	11	4,0	0,3	3	1	56	13	4,3	60,3	7,1	75,1	0,3	0,1	0,5	40	0,20
C-26	2	11	4,0	0,4	3	1	39	9	4,4	43,4	10,1	67,2	0,2	0,1	1,2	31	0,11
C-27	2	8	4,0	0,4	3	1	34	9	4,4	38,4	11,5	67,2	0,2	0,1	0,9	26	0,16
C-28	2	8	4,0	0,4	3	1	34	9	4,4	38,4	11,5	67,2	0,2	0,1	0,7	21	0,20
C-29	5	19	3,9	0,8	3	1	63	10	4,8	67,8	7,1	67,6	0,3	0,2	2,4	88	0,29
C-30	5	19	4,0	0,9	3	1	64	10	4,9	68,9	7,1	67,1	0,3	0,1	3,6	121	0,34
C-31	2	11	4,0	0,4	3	1	42	9	4,4	46,4	9,5	67,2	0,3	0,1	1,0	27	0,16
C-32	2	9	4,0	0,3	3	1	39	10	4,3	43,3	9,9	69,9	0,2	0,1	1,2	24	0,10
C-33	2	9	4,0	0,3	3	1	41	10	4,3	45,3	9,5	69,9	0,2	0,1	0,7	25	0,25
C-34	2	9	4,0	0,3	3	1	45	12	4,3	49,3	8,7	73,6	0,3	0,1	1,0	23	0,16
C-35	2	9	3,9	0,3	2	1	55	12	3,3	58,3	5,7	78,4	0,3	0,1	1,3	42	0,16

P=fósforo; MO=matéria orgânica; K=potássio; Ca=cálcio; Mg=magnésio; H+Al=acidez potencial; Al=alumínio; SB=soma de bases; CTC= capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; Cu=cobre; Zn=zinco; Mn=manganês; Fe=ferro; B=boro; cd=cerrado denso; ct=cerrado típico; C=cerradão.

Baixos teores de nutrientes e alto teor de alumínio no solo, assim como os estudados na EECa, são esperados em solos sob cerrado, cuja vegetação está adaptada a estas condições (GOODLAND, 1971; HARIDASAN, 2000), sendo rara a ocorrência de cerrado em solos com altos teores de cálcio e magnésio (HARIDASAN, 2000). Porém não foi constatada a diminuição do teor de alumínio do solo da fisionomia de menor porte para a de maior porte, ao contrário do observado por GOODLAND & POLLARD (1973), LOPES & COX (1977), REATTO et al. (1998) e MORENO et al. (2008). Os limites de interpretação de macronutrientes são iguais aos encontrados por RUGGIERO et al. (2002) e TOPPA (2004), também em solos ácidos, álicos e distróficos e em amostras de solo de superfície e subsuperfície de cerrado *stricto sensu* e cerradão. À exceção do Cu, que teve teor alto na

média das amostras de solos estudados por TOPPA (2004), os limites dos demais micronutrientes estão iguais aos encontrados por esse autor. Considerando os níveis de macro e micronutrientes estabelecidos por RAIJ et al. (1996), que possuem pouca variação entre as parcelas e entre as profundidades estudadas, os atributos químicos parecem não ser os fatores condicionantes das diferentes fisionomias.

#### 4.1.3 Correlação dos parâmetros de solo com a estrutura da vegetação

A área basal, que é maior no cerrado (Tabela 4), está diretamente correlacionada com os teores de argila (A e B ou C), de matéria orgânica (B ou C), de fósforo (A), de boro (B ou C) e com a acidez potencial (A e B ou C) e CTC (A e B ou C). Por outro lado, a área basal está inversamente correlacionada com o teor de areia grossa (A e B ou C), com o pH (B ou C), saturação por bases (A e B ou C) e teor de cobre (A e B ou C) (Tabela 5).

**Tabela 4** – Área basal e número de espécies (riqueza) em cada parcela das fisionomias de cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. (Fonte: PINHEIRO, 2008).

Cerrado típico			Cerrado denso			Cerradão		
Parcela	Área basal m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>	Riqueza espécies	Parcela	Área basal m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>	Riqueza espécies	Parcela	Área basal m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup>	Riqueza espécies
2	7,52	19	1	11,93	20	26	19,96	30
3	5,81	22	6	12,14	18	27	20,16	30
4	8,18	19	8	13,78	22	28	22,09	22
5	6,70	20	9	11,20	19	29	20,57	25
7	10,41	22	10	15,51	24	30	19,21	26
11	4,75	20	14	6,76	16	31	23,92	26
12	6,56	21	15	9,72	19	32	20,03	25
13	8,30	26	16	9,72	22	33	23,09	23
19	6,16	19	17	9,07	16	34	24,93	29
20	13,61	20	18	15,69	19	35	20,28	26

O teor de areia grossa, inversamente correlacionado com a área basal, mostra que a diminuição do total dessa fração no solo, associada ao maior teor de argila e de matéria orgânica, pode contribuir para o aumento da estrutura da vegetação, pois haverá maior retenção de água e nutrientes no solo (RUGGIERO et al., 2002; TOPPA, 2004; MARIMON JÚNIOR & HARIDASAN, 2005). A argila apresenta mais alto índice de correlação significativa com a área basal (Tabela 5), o que mostra sua importância como condicionante da diferenciação fisionômica da vegetação.

**Tabela 5** – Índices de correlação das variáveis das amostras compostas de solo das parcelas com a área basal e a riqueza de espécies das fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP.

Variáveis de solo	Área basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )		Riqueza de espécies	
	Horizonte A	Horizonte B ou C	Horizonte A	Horizonte B ou C
AG	-0,401*	-0,422*	-0,232	-0,218
AF	0,160	0,221	0,088	0,134
Silte	0,223	0,121	0,132	0,037
Argila	0,689*	0,587*	0,408*	0,268
P	0,438*	0,227	0,296	0,171
MO	0,314	0,474*	0,248	0,274
pH	0,206	-0,436*	0,030	-0,141
K	0,047	0,216	0,073	0,116
Ca	0,077	0,172	-0,009	0,091
Mg	-	-	-	-
H+Al	0,356	0,492*	0,213	0,245
Al	0,273	0,284	0,157	0,075
SB	0,090	0,288	0,016	0,122
CTC	0,360*	0,501*	0,215	0,250
V%	-0,399*	-0,514*	-0,285	-0,288
m%	0,234	0,186	0,165	0,042
Cu	-0,388*	-0,546*	-0,215	-0,449*
Zn	-0,139	0,208	-0,042	0,140
Mn	0,022	0,059	0,063	0,105
Fe	0,006	0,300	-0,036	0,202
B	0,321	0,486*	0,444	0,132

\* Significativo a 5% de probabilidade; - dados sem variação.

AG=areia grossa; AF=areia fina; P=fósforo; MO=matéria orgânica; Ca=cálcio; Mg=magnésio; K=potássio; H+Al=acidez potencial; Al=alumínio trocável; SB=soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; Cu=cobre; Zn=zinco; Mn=manganês; Fe=ferro; B=boro.

A correlação com a matéria orgânica (MO), por sua vez, pode ser conseqüência e não a causa da vegetação de maior porte, que gera maior acúmulo de serapilheira (RUGGIERO et al., 2002). A MO pode fornecer nutrientes como o fósforo, também correlacionado positivamente com a área basal, além de atuar como condicionadora do solo, pois promove a agregação das partículas minerais, pode aumentar a retenção de água e tem grande participação na CTC do solo (RAIJ, 1991). A correlação direta com a acidez potencial também pode estar relacionada com os teores da matéria orgânica, já que esta possui grupamentos funcionais que podem contribuir com H<sup>+</sup> titulável.

Os micronutrientes boro (B ou C) e cobre (A e B ou C) apresentaram correlações direta e inversa, respectivamente, com o aumento da área basal (Tabela 5). O teor de boro em subsuperfície (B ou C) foi baixo na maioria dos solos analisados e sua correlação significativa pode ter ocorrido devido à sua associação com a matéria orgânica, que retém fortemente o B disponível no solo (ROSOLEM & BÍSCARO, 2007). A correlação inversa com o cobre não concorda com o estudo de TOPPA (2004), que associou este micronutriente à maior biomassa



da vegetação. No entanto, o autor ressaltou que havia uma correlação positiva entre o cobre e os teores de argila e de matéria orgânica. A riqueza de espécies, que é maior nas parcelas de cerrado, teve correlação significativa positiva com a argila (A) e negativa com o Cu (B ou C). Como a argila também apresenta correlação direta com a área basal, pode ser que a maior retenção hídrica promovida por essa fração favoreça o estabelecimento de espécies que não conseguiram se desenvolver nos solos do cerrado *stricto sensu*, com menor teor de argila.

#### **4.1.4 Associação variáveis ambientais-florística**

Efetuada a PCA (análise dos componentes principais) (Tabela 6), foram selecionadas 25 variáveis para compor a matriz ambiental da análise de correspondência canônica (CCA) prévia: argila, fósforo, matéria orgânica, pH, potássio, cálcio, alumínio, capacidade de troca catiônica, saturação por bases e ferro, do horizonte superficial (A); as mesmas variáveis mais os micronutrientes, cobre, zinco, manganês e boro, do horizonte subsuperficial (B ou C); e a cobertura de copa, dado referente à de estrutura da vegetação (Tabela 7). A matriz de espécies da CCA foi composta por 49 espécies (Tabela 8), dentre as 102 identificadas por PINHEIRO (2008), que atenderam ao critério estabelecido (indivíduos com diâmetro à altura do peito  $\geq 5$  cm presentes em número  $\geq 3$  em pelo menos uma parcela).

A primeira análise de correspondência canônica foi efetuada para que fossem selecionadas as variáveis ambientais, dentre as 25 selecionadas pela PCA, com correlação ponderada superior a 0,40 com ao menos um dos dois primeiros eixos (OLIVEIRA-FILHO et al., 1994). A partir dos resultados desta análise (Tabela 9) foram selecionadas 16 variáveis para compor uma nova matriz ambiental, sendo nove variáveis de solo dos horizontes A e/ou B ou C e uma de estrutura da vegetação (Tabela 10). O alumínio apresentou correlação menor que 0,40, porém foi mantido na nova análise por ser um importante parâmetro indicativo da fertilidade do solo. As variáveis da vegetação fitomassa aérea e área basal não foram incluídas porque estão alta e diretamente correlacionadas com a cobertura de copa.

As 16 variáveis selecionadas tiveram correlação acima de 0,40 com pelo menos um dos dois eixos da ordenação e explicaram um total de 55,92% da variância global dos dados, sendo 42,27% no primeiro e 13,65% no segundo eixo. Os autovalores da CCA para os dois primeiros eixos de ordenação foram de 0,47 (eixo 1) e 0,15 (eixo 2). O autovalor representa a contribuição relativa de cada eixo para explicar a variação total dos dados (MANLY, 2008).

**Tabela 6** – Correlação das variáveis das amostras compostas de solo (42) das parcelas, divididas em horizonte A e B ou C, e da estrutura da vegetação (3) com os eixos de ordenação 1 e 2 da análise de componentes principais (PCA). Valores em negrito representam as variáveis selecionadas para a CCA (análise de correspondência canônica) preliminar.

	<b>Horizonte A</b>		<b>Horizonte B ou C</b>	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
AG	-0,0469	-0,1584	-0,0803	-0,0779
AF	-0,0459	0,1085	-0,0194	0,0596
Silte	0,1296	0,0546	0,0826	0,0607
Argila	<b>0,1959</b>	0,1762	<b>0,2314</b>	0,0531
P	<b>0,1758</b>	-0,1339	-0,0091	<b>0,2993</b>
MO	<b>0,1815</b>	-0,1769	0,1111	<b>0,2677</b>
pH	-0,0647	<b>0,2251</b>	<b>-0,1843</b>	-0,1286
K	0,1083	<b>-0,2188</b>	-0,0304	<b>0,2834</b>
Ca	<b>-0,1381</b>	-0,0293	<b>-0,1463</b>	0,0881
Mg	*	*	*	*
H+Al	0,2443	-0,1123	0,2034	0,1732
Al	<b>0,2257</b>	-0,1067	<b>0,2189</b>	0,0247
SB	-0,0942	-0,1044	-0,1334	0,1857
CTC	<b>0,2421</b>	-0,1160	<b>0,1993</b>	0,1803
V%	<b>-0,2499</b>	0,0822	<b>-0,2376</b>	-0,1069
m%	0,2283	-0,0295	0,2213	-0,0484
Cu	-0,0466	-0,0953	<b>-0,1516</b>	-0,0077
Zn	-0,0292	-0,0497	0,0215	<b>0,1923</b>
Mn	-0,0861	-0,0030	-0,0978	<b>0,2430</b>
Fe	<b>0,1866</b>	-0,1592	0,0708	<b>0,2735</b>
B	0,0834	-0,1085	0,0208	<b>0,2697</b>
<b>Estrutura da Vegetação</b>				
	Eixo 1	Eixo 2		
A.basal	0,1377	0,1232	-	-
Fit.aerea	0,1323	0,1165	-	-
Cob.copa	<b>0,1834</b>	0,1003	-	-

\*Dados sem variação; AG=areia grossa; AF=areia fina; MO=matéria orgânica; P=fósforo; Ca=cálcio; Mg=magnésio; K=potássio; H+Al=acidez potencial; Al=alumínio trocável; SB=soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; Cu=cobre; Zn=zinco; Mn=manganês; Fe=ferro; B=boro; A.basal=área basal; Fit.aerea=fitomassa aérea; Cob.copa=cobertura de copa.

Segundo TER BRAAK (1995), autovalores menores que 0,50 são considerados baixos e indicam a existência de gradiente curto, com baixa substituição de espécies entre extremos e predominância de variações na abundância das espécies. Para alguns autores (EITEN, 1972; GOODLAND & FERRI, 1979; COUTINHO, 1982 e 1990; PIVELLO & COUTINHO, 1996), o processo sucessional no cerrado consiste de uma alteração de fisionomias mais abertas para fisionomias mais densas, sem muita substituição de espécies. A baixa porcentagem de variância explicada pelas variáveis selecionadas é comum em dados ecológicos (TER BRAAK, 1987) e pode estar associada a variáveis ambientais não registradas, como proximidade de banco de sementes e outros propágulos, retenção de água pelo solo, posição topográfica, dentre outras. No entanto, isso não prejudica a significância das relações espécie-

ambiente, mesmo porque o teste de permutação de Monte Carlo indicou correlações significativas entre abundância das espécies e variáveis ambientais no primeiro eixo da ordenação ( $p < 0,01$ ).

**Tabela 7** – Cobertura arbórea média (%) das parcelas da Estação Ecológica de Assis, SP. (Fonte: PINHEIRO, 2008)

Cerrado típico (ct)		Cerrado denso (cd)		Cerradão (C)	
Par.	Cob. Copa (%)	Par.	Cob. Copa (%)	Par.	Cob. Copa (%)
2	42,80	1	68,32	26	90,62
3	38,40	6	57,08	27	86,30
4	46,60	8	74,57	28	92,64
5	43,13	9	76,87	29	87,64
7	52,37	10	70,07	30	78,39
11	60,40	14	65,28	31	88,47
12	58,60	15	67,09	32	84,56
13	44,62	16	66,61	33	78,17
19	37,62	17	80,63	34	86,56
20	38,60	18	78,10	35	90,47

Par.=parcela; Cob.copa.=cobertura de copa.

A distribuição das parcelas pela análise de correspondência canônica distingue bem o cerrado *stricto sensu*, que são as formações savânicas cerrado típico e denso, do cerradão (Figura 3). As parcelas de cerradão estão agrupadas no lado direito do gráfico e as de cerrado típico e denso tenderam a se dispersar para a esquerda, porém algumas estão mais ao centro do diagrama. A distinção entre as formações está relacionada principalmente com o eixo 1 da CCA. A ordenação das parcelas em função das variáveis ambientais e da abundância de espécies (Figuras 3 e 4) seguiu o padrão sugerido por PINHEIRO (2008), à exceção da parcela 35, que parece não estar associada às variáveis ambientais estudadas. Segundo o autor, as fisionomias cerrado típico, cerrado denso e cerradão estudadas na EECA podem ser diferenciadas umas das outras de acordo com suas características estruturais, mas, quanto à composição florística, são observadas diferenças apenas do cerradão para o cerrado *stricto sensu*. Das 49 espécies, onze (espécies 2, 6, 13, 15, 18, 25, 27, 35, 36, 41 e 42) aparecem exclusivamente no cerradão e seis (4, 9, 22, 28, 31 e 43) no cerrado *stricto sensu*. As demais espécies ocorrem nas duas fisionomias, porém, algumas delas estão em grande número em uma fisionomia e em pequeno número em outra, como *Eriotheca gracilipes* (10), *Pera obovata* (29) e *Terminalia glabrescens* (47), mostrando que há variações na abundância de espécies (Tabela 8).

**Tabela 8** – Espécies registradas nas diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP, selecionadas para composição da matriz de espécies utilizada nas análises de correspondência canônica. (Fonte: PINHEIRO, 2008)

Espécies	Total de indivíduos amostrados por fisionomia		
	Cerrado típico	Cerrado denso	Cerradão
1 <i>Acosmium subelegans</i> (Mohlenbr.) Yakovlev	14	27	1
2 <i>Amaioua intermedia</i> Mart.	0	0	54
3 <i>Anadenanthera falcata</i> (Benth.) Speg.	7	60	9
4 <i>Annona crassiflora</i> Mart.	10	18	0
5 <i>Byrsonima laxiflora</i> Griseb.	0	13	50
6 <i>Byrsonima</i> sp2	0	0	6
7 <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	110	68	296
8 <i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling	0	1	14
9 <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	23	19	0
10 <i>Eriotheca gracilipes</i> (K.Schum.) A.Robyns	60	28	1
11 <i>Eugenia aurata</i> O.Berg	8	4	3
12 <i>Eugenia pluriflora</i> DC.	0	2	7
13 <i>Faramea montevidensis</i> (Cham. & Schtdl) DC.	0	0	150
14 <i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	49	24	5
15 <i>Mabea fistulifera</i> Mart.	0	0	62
16 <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	29	44	31
17 <i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	0	1	18
18 <i>Maytenus robusta</i> Reissek	0	0	3
19 <i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	0	6	4
20 <i>Myrcia bella</i> Cambess	11	21	2
21 <i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	14	27	12
22 <i>Myrcia lingua</i> (O. Berg) Mattos & D. Legrand	12	2	0
23 <i>Myrcia multiflora</i> (Lam.) DC.	11	11	40
24 <i>Myrcia venulosa</i> DC.	4	4	14
25 <i>Nectandra cuspidata</i> Nees & Mart.	0	0	71
26 <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez.	186	250	112
27 <i>Ocotea velloziana</i> (Meisn.) Mez.	0	0	3
28 <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	12	12	0
29 <i>Pera obovata</i> (Klotzsch) Baill.	1	7	71
30 <i>Persea wildenovii</i> Kosterm.	0	1	31
31 <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker	6	4	0
32 <i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	2	4	3
33 <i>Platypodium elegans</i> Vogel	10	0	32
34 <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.	2	4	25
35 <i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	0	0	184
36 <i>Pseudolmedia laevigata</i> Trécul	0	0	14
37 <i>Qualea cordata</i> (Mart.) Spreng.	28	20	17
38 <i>Qualea grandiflora</i> Mart.	16	6	12
39 <i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	0	1	15
40 <i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez.	5	21	15
41 <i>Sclerolobium paniculatum</i> Vogel	0	0	5
42 <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	0	0	61
43 <i>Stryphnodendron obovatum</i> Benth.	73	54	0
44 <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	0	2	10
45 <i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl	14	18	2
46 <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	3	12	51
47 <i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	0	2	28
48 <i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	125	288	51
49 <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	5	33	132

**Tabela 9** – Variáveis preliminares (25) de solo, divididas em horizonte A e B ou C, e estrutura da vegetação da análise de correspondência canônica (CCA) e suas correlações com os eixos 1 e 2. Valores em negrito representam as variáveis selecionadas para a segunda CCA.

	Horizonte A		Horizonte B ou C	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Argila	<b>0,7769</b>	0,0504	<b>0,7303</b>	-0,1665
P	<b>0,5686</b>	-0,0142	0,1022	0,1605
MO	<b>0,4573</b>	-0,0546	<b>0,3947</b>	0,0759
pH	0,0937	<b>0,4428</b>	-0,3434	0,2971
K	0,1334	-0,2398	0,0766	0,2405
Ca	0,1068	<b>0,4159</b>	0,1335	<b>0,6379</b>
Al	<b>0,3742</b>	-0,2020	0,2816	<b>-0,3783</b>
CTC	<b>0,5260</b>	-0,3042	<b>0,4818</b>	-0,2416
V%	<b>-0,5297</b>	0,3725	<b>-0,5456</b>	0,3949
Cu	-	-	<b>-0,7154</b>	0,1081
Zn	-	-	0,0441	0,0851
Mn	-	-	-0,0607	0,1285
Fe	0,1131	-0,3331	0,2239	0,0015
B	-	-	0,3049	0,0996
<b>Estrutura da Vegetação</b>				
	Eixo 1	Eixo 2		
Cob.copa	<b>0,7856</b>	-0,1347	-	-

P=fósforo; MO=matéria orgânica; K=potássio; Ca=cálcio; Al=alumínio trocável; CTC=capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; Cu=cobre; Zn=zinco; Mn=manganês; Fe=ferro; B=boro; Cob.copa=cobertura de copa.

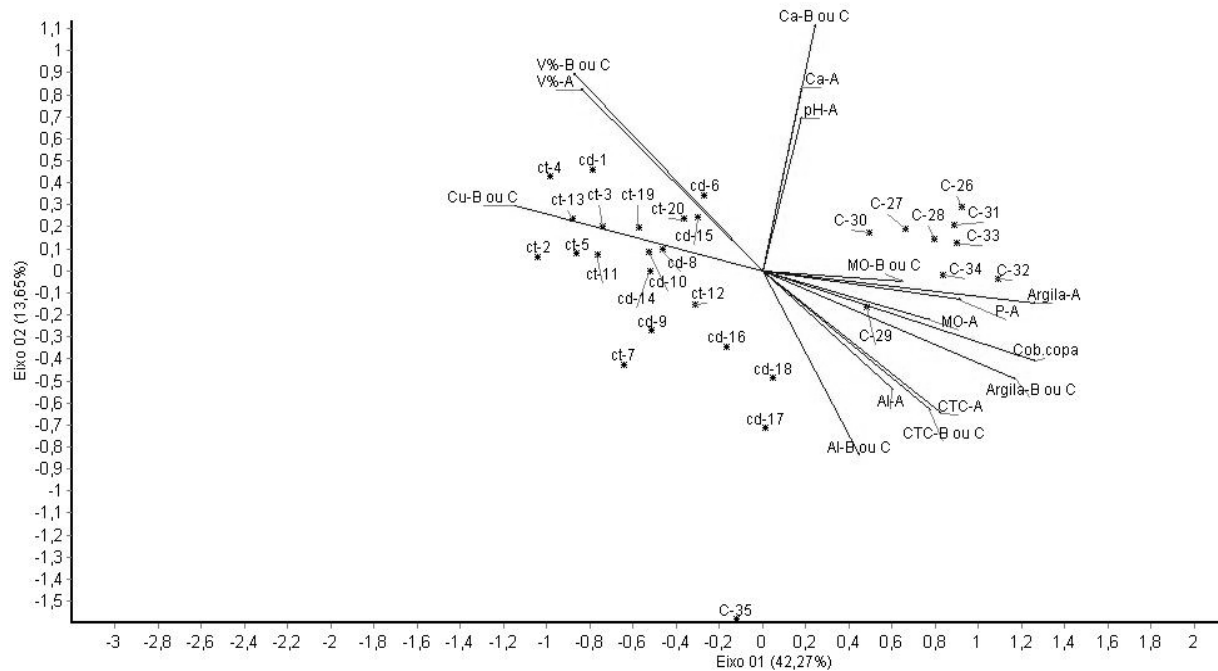
**Tabela 10** – Variáveis (16) de solo, divididas em horizonte A e B ou C, e estrutura da vegetação selecionadas para CCA e suas correlações com os eixos 1 e 2. Valores em negrito representam as variáveis que possuem correlação significativa com o eixo 1 da CCA.

	Horizonte A		Horizonte B ou C	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Argila	<b>0,8111</b>	-0,0925	<b>0,7538</b>	-0,3138
P	<b>0,5878</b>	-0,0844	-	-
MO	<b>0,4977</b>	-0,1422	<b>0,4179</b>	-0,0292
pH	0,1166	0,4465	-	-
Ca	0,1180	0,5337	0,1566	0,7174
Al	<b>0,3862</b>	-0,3432	0,2880	-0,5371
CTC	<b>0,5296</b>	-0,4131	<b>0,4982</b>	-0,4032
V%	<b>-0,5397</b>	0,5285	<b>-0,5595</b>	0,5748
Cu	-	-	<b>-0,7358</b>	0,1913
<b>Estrutura da Vegetação</b>				
	Eixo 1	Eixo 2		
Cob.copa	<b>0,8118</b>	-0,2613	-	-

P=fósforo; MO=matéria orgânica; Ca=cálcio; Al=alumínio trocável; CTC=capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; Cu=cobre; A.basal=área basal; Cob.copa=cobertura de copa.

A variável cobertura de copa está associada às parcelas de cerradão, que são as que apresentam vegetação maior porte e também maior riqueza de espécies (Tabela 5), fato que pode estar relacionado ao estabelecimento de espécies tolerantes à sombra nestas parcelas. A

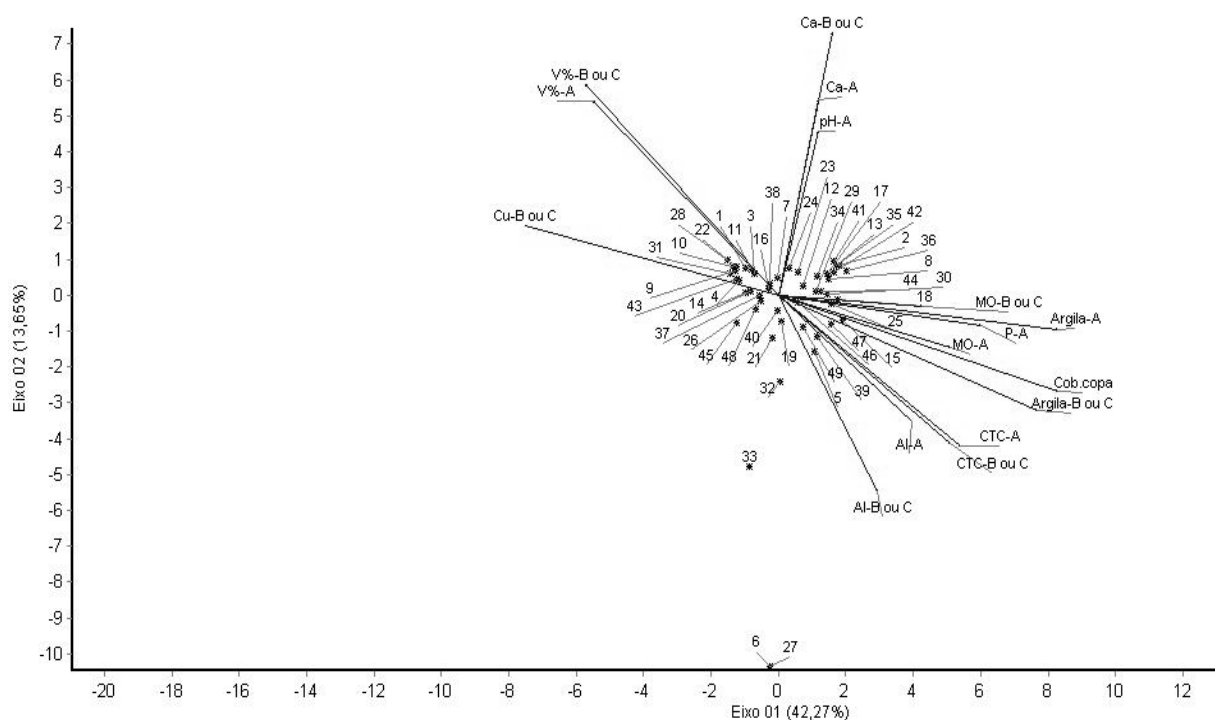
composição florística pode ser estar sendo influenciada pelo adensamento da vegetação, como tem sido observado em áreas de cerrado livres de influência antrópica e de queimadas (DURIGAN & RATTER, 2006; MARIMON et al., 2006; PINHEIRO & DURIGAN, 2009). Contudo, o adensamento da vegetação depende também de atributos do solo favoráveis ou não ao incremento de biomassa (HARIDASAN, 2000).



**Figura 3** – Análise de correspondência canônica das parcelas de cerrado típico (ct), cerrado denso (cd) e cerradão (C), na Estação Ecológica de Assis, SP, com as variáveis de amostras de solo das parcelas, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e estrutura da vegetação (Tabela 10).

A figura 3 mostra que no eixo 1, que é significativo e explica a maior parte da variância, as parcelas de cerradão, exceto C-35, estão diretamente associadas ao aumento do teor de argila, do teor de matéria orgânica (MO) e da capacidade de troca catiônica (CTC) nos horizontes A e B ou C e do teor de fósforo (P) no horizonte A. Já o aumento das variáveis saturação por bases (V%), nos horizontes A e B ou C, e cobre (Cu) em B ou C, também correlacionadas com o eixo 1, está associado às fisionomias de cerrado *stricto sensu*. O aumento do teor de alumínio em superfície (A) está associado às fisionomias de cerradão, o que também foi observado nos estudos de RUGGIERO et al. (2002) e TOPPA (2004). GOODLAND (1971) e HARIDASAN (1982) mencionaram o acúmulo de alumínio por algumas espécies de plantas. RUGGIERO et al. (2002) sugerem que altos teores de alumínio

encontrados no solo estejam associados com a transferência deste elemento da serapilheira para o horizonte superficial, pois o alumínio poderia estar presente nas folhas de algumas espécies acumuladoras. Em casos como estes, RUGGIERO & PIVELLO (2005) levantam a hipótese de que o acúmulo de Al pelas plantas não se dá somente por um mecanismo de tolerância à presença deste elemento em quantidade excessiva, de forma absoluta, mas, talvez, como consequência de algum mecanismo fisiológico de captação de recursos do solo que seja eficiente nessas condições em que se encontram as áreas de cerrado: baixa disponibilidade de macronutrientes e moderada restrição hídrica.



**Figura 4** – Análise de correspondência canônica da abundância de espécies (identificadas pelos números da tabela 8) que ocorrem nas fisionomias cerrado típico, cerrado denso e cerradão, na Estação Ecológica de Assis, SP, com as variáveis de amostras de solo das parcelas, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e estrutura da vegetação (Tabela 10).

As parcelas de cerrado denso 16, 17 e 18, apesar de apresentarem o maior teor de argila quando comparadas com as demais parcelas (Tabela 1), estão mais associadas ao aumento do teor de alumínio (Al) no horizonte B ou C, que, assim como o teor de argila, também é maior nas parcelas de cerradão do que nas de cerrado *stricto sensu*. Isso sugere que tais parcelas estejam passando por um processo de transição para cerradão, o que tem acontecido em algumas áreas da EECA e foi relatado nos estudos de DURIGAN et al. (1987) e

PINHEIRO & DURIGAN (2009). A argila, relacionada com a retenção hídrica, é a variável de solo que melhor explica a diferenciação fisionômica na EEcA, assim como reportaram RUGGIERO et al. (2002) e TOPPA (2004) em estudos conduzidos em áreas de cerrado do Estado de São Paulo sobre solos com características semelhantes aos da EEcA.

## **4.2 Os Perfis de Solo e as Fisionomias de Cerrado**

### **4.2.1 Morfologia e classificação dos solos**

A descrição do solo no campo compreende o registro das suas características, através do estudo e do exame do seu perfil em seu meio natural, permitindo, por exemplo, observar a estrutura do solo, a transição entre horizontes e a profundidade explorada pelo sistema radicular. Os solos da Estação Ecológica de Assis são profundos e bem drenados, de textura média ou arenosa, sem pedregosidade ou rochiosidade aparentes e pertencem, em sua maioria, à ordem dos Latossolos, identificada em 11 perfis e os demais (4) perfis são Neossolos Quartzarênicos (Figura 2, Tabelas 11 e 12). A predominância de Latossolos na Estação Ecológica de Assis também foi observada no levantamento pedológico do local realizado por ROSSI et al. (2008). A declividade medida em cada local de descrição variou de 0 a 7%, denotando um relevo que vai plano ( $D < 3\%$ ) a suave ondulado ( $D = 3-8\%$ ).

As características físicas dos solos permitem um bom desenvolvimento do sistema radicular. Foi observada a distribuição das raízes ao longo de cada perfil, havendo pouca variação no tamanho e na quantidade das mesmas, na comparação entre perfis. Nos Latossolos, as maiores quantidades estavam, aproximadamente, nos primeiros 40 cm de profundidade, sendo as raízes descritas como muitas muito finas e finas e comuns a muitas médias. Gradualmente, as raízes diminuía - comuns ou poucas muito finas e/ou finas, mais raramente poucas médias - até restarem raízes muito finas, poucas ou comuns, no(s) último(s) horizonte(s). Nos Neossolos foram observadas maiores quantidades de raízes a maiores profundidades do que nos Latossolos, mas geralmente muito finas e finas, mostrando que nos solos com teor de areia mais elevado e, portanto, com maior drenabilidade, o sistema radicular tende a se aprofundar mais para captar água. A estimativa feita em campo concorda com os valores da proporção de fitomassa subterrânea (raízes) estimados por PINHEIRO (2008), que é a diferença média entre a fitomassa total e a fitomassa aérea (tronco, ramos e folhas) e que foi maior no cerrado *stricto sensu* (20,7% da fitomassa total) do que no cerradão (17% da fitomassa total).



**Tabela 11** – Fisionomia, localização (Zona 22) e classificação dos perfis de solo descritos na Estação Ecológica de Assis, SP.

	<b>Perfil-Parcela</b>	<b>UTM N</b>	<b>UTM E</b>	<b>Classificação do Solo (Abreviatura)</b>
		<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	
<b>Cerradão</b>	P1-C29	7.501.072	562.515	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVd)
	P4-C32	7.501.874	563.681	Latossolo Vermelho Distrófico argissólico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVd)
	P5-C33	7.502.007	564.080	Latossolo Vermelho Distrófico argissólico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVd)
	P6-C34	7.502.270	565.227	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico argissólico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVAd)
	P9-C26	7.500.248	563.080	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVd)
<b>Cerrado denso</b>	P2-cd18	7.501.617	562.942	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, textura média, hipodistrófico, álico, ácido (LVAd)
	P3-cd16	7.501.753	563.055	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico húmico, textura média, hipodistrófico, álico, ácido (LVAd)
	P8-cd8	7.500.648	564.859	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVAd)
	P11-cd6	7.500.786	564.738	Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVd)
	P12-cd1	7.500.805	564.985	Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (RQo)
<b>Cerrado típico</b>	P7-ct7	7.500.731	564.822	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVAd)
	P10-ct3	7.500.844	565.144	Neossolo Quartzarênico Órtico típico, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (RQo)
	P13-ct2	7.500.864	565.037	Neossolo Quartzarênico Órtico argissólico, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (RQo)
	P14-ct13	7.500.353	565.276	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, textura média, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (LVAd)
	P15-ct5	7.500.895	565.242	Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico, A moderado, hipodistrófico, álico, ácido (RQo)

P = perfil; C = cerradão; cd = cerrado denso; ct = cerrado típico.

**Tabela 12** – Atributos morfológicos dos perfis de solo sob diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP.

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor		Estrutura <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Consistência <sup>3</sup>			Transição <sup>4</sup>	
		seca	úmida			seca	úmida	molhada	topografia	nitidez
<b>Perfil 1 – LVd típico, A moderado (Cerradão)</b>										
A	0-20	2,5YR 4/4	2,5YR 3/3	Mo P M Gr Bs	FA	LD	MF	LPI Pe	Pn	Gd
AB	20-30	2,5YR 4/4	2,5YR 3/4	Fr P M Gr Bs	FA	LD	MF	LPI Pe	Pn	Gd
BA	30-50	-	2,5YR 3/4	Fr M Gr Bs	FA	LD	MF	LPI Pe	Pn	Dif
Bw1	50-100	-	2,5YR 3/5	Mo M G Bs qsd Fo PP Gr	FA	Ma	S	LPI Pe	Pn	Dif
Bw2	100-150	-	2,5YR 3/5	Fo PP Gr	FGA	Ma	S	LPI Pe	Pn	Dif
Bw3	150-210+	-	2,5YR 3/5	Fo PP Gr	FGA	Ma	S	LPI Pe	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> topo – 1% D										
<b>Drenagem:</b> forte a excessivamente drenado										
<b>Perfil 4 – LVd argissólico, A moderado (Cerradão)</b>										
A	0-18	5YR 4/4	2,5YR 3/4	Mo P M Gr	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Gd
AB	18-28	5YR 4/4	2,5YR 3/5	Mo P Gr Bs	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Gd
BA	28-45	-	2,5YR 4/6	Mo Fo P Gr	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw1	45-95	-	2,5YR 3/6	Fr M G Bs qsd Mo PP Gr	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw2	95-145	-	2,5YR 3/6	Mo P M Bs qsd Mo PP Gr	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw3	145-210+	-	2,5YR 3/6	Mo G Ba Bs	FGA	LD D	MF	LPI Pe	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> topo a terço superior - 2,5% D										
<b>Drenagem:</b> acentuada a fortemente drenado										
<b>Perfil 5 – LVd argissólico, A moderado (Cerradão)</b>										
A1	0-15	3,5YR 4/4	4YR 4/4	Mo P M Gr	FA	Ma	F	LPe LPI	Pn	Gd
A2	15-40	3,5YR 4/5	4YR 4/5	Mo P M Gr Bs	FA	Ma	F	LPe LPI	Pn	Dif
AB	40-65 (62-68)	-	4YR 4/5	Mo Fo P PP Gr	FA	Ma	F	LPe LPI	Od	Cl
BA	65-105	-	3,5YR 4/6	Mo Fo M G Bs	FA	LD D	F	LPe LPI	Pn	Dif
Bw1	105-150	-	2,5YR 3/6	Mo Fo M G Ba Bs	FA	LD D	F	LPI Pe	Pn	Dif
Bw2	150-200	-	2,5YR 3/6	Mo Fo M G Ba Bs	FA	LD D	F	LPI Pe	Pn	Dif
Bw3	200-210+	-	2,5YR 3/6	*	FA	LD D	F	LPI Pe	-	-
<b>Obs.:</b> cerosidade fraca e pouca no horizonte BA.										
<b>Situação e declividade (D):</b> terço superior - 1,5% D										
<b>Drenagem:</b> acentuadamente drenado										

<sup>1</sup>Fo=forte; Fr=fraca; Mo=moderada; G=grande; M=média; P=pequena; PP=muito pequena; Bs=blocos subangulares; Ba=blocos angulares; Gr=granular; Gs=grãos simples; qsd=que se desfaz. <sup>2</sup>A=areia/arenosa; F=franco(a); G=argilo/argilosa. <sup>3</sup>D=dura; F=friável; Fi=firme; LD=ligeiramente dura; LPe=ligeiramente pegajosa; LPI=ligeiramente plástica; Ma=macia; MF=muito friável; NPe=não pegajosa; NPI=não plástica; Pe=pegajosa; S=solta. <sup>4</sup>Ab=abrupta; Cl=clara; Dif=difusa; Gd=gradual; Od=ondulada; Pn=plana.

**Tabela 12** – Atributos morfológicos dos perfis de solo sob diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. (Continuação)

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor		Estrutura <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Consistência <sup>3</sup>			Transição <sup>4</sup>	
		seca	úmida			seca	úmida	molhada	topografia	nitidez
<b>Perfil 6 – LVAd argissólico, A moderado (Cerradão)</b>										
A1	0-13	5YR 4/6	5YR 4/4	Mo PP P M Gr Bs	FA	Ma	MF	LPe LPI	Pn	Cl
A2	13-40	5YR 4/6	5YR 4/5	Mo M G Bs	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Gd
BA	40-82	-	5YR 4/6	Mo G Bs	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw1	82-113	-	3,5YR 4/6	Mo G Bs Ba	FA	LD D	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw2	113-170	-	3,5YR 3/6	Mo G Bs Ba	FA	LD D	MF	LPI Pe	Pn	Dif
Bw3	170-210+	-	3,5YR 3/6	Mo G Bs Ba	FA	D	MF	LPI Pe	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> terço médio - próximo a 0% D										
<b>Drenagem:</b> acentuadamente drenado										
<b>Perfil 9 – LVd típico, A moderado (Cerradão)</b>										
A	0-18	4YR 4/3	2,5YR 3/4	Fr Mo P M Gr Bs Gs	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Cl
AB	18-40	5YR 4/4	2,5YR 3/4	Fr M P Bs Gr Gs	FA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Dif
BA	40-72	-	2,5YR 3/5	Mo P M Bs	FA	Ma	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw1	72-115	-	2,5YR 3/6	Mo G Bs	FA	LD	F MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw2	115-165	-	2,5YR 3/6	Mo G Bs	FGA	LD	F	LPe LPI	Pn	Dif
Bw3	165-210+	-	2,5YR 3/6	Mo G Bs	FGA	LD	F	LPI Pe	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> terço superior a topo - próximo a 0% D										
<b>Drenagem:</b> fortemente drenado										
<b>Perfil 2 – LVAd húmico (Cerrado denso)</b>										
A1	0-20	2,5YR 3/4	2,5YR 3/3	Fo P Gr	FA	Su	MF	LPI NPe	Pn	Gd
A2	20-43	2,5YR 3/3	2,5YR 3/4	Fo P Gr	FA	Su	MF	LPI NPe	Pn	Gd
AB	43-60 (46-80)	-	2,5YR 4/3	Fr M Bs qsd Fo P PP Gr	FGA	Ma	MF	LPe LPI	Od	Cl Ab
BA	60-75	-	2,5YR 4/4	Fr M Bs qsd Fo P PP Gr	FGA	Ma	MF	LPe LPI	Qb	Cl
Bw1	75-148	-	3,5YR 3/6	Fr M G Bs qsd Fo PP Gr	FGA	Ma	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw2	148-200	-	5YR 4/6	Mo G Bs	FGA	LD	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw3	200-210+	-	5YR 4/6	Fr M G Bs qsd Fo PP Gr	FGA	Ma LD	MF	LPe LPI	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> topo - próximo a 0% D										
<b>Drenagem:</b> fortemente drenado										

<sup>1</sup>Fo=forte; Fr=fraca; Mo=moderada; G=grande; M=média; P=pequena; PP=muito pequena; Bs=blocos subangulares; Ba=blocos angulares; Gr=granular; Gs=grãos simples; qsd=que se desfaz. <sup>2</sup>A=areia/arenosa; F=franco(a); G=argilo/argilosa. <sup>3</sup>D=dura; F=friável; Fi=firme; LD=ligeiramente dura; LPe=ligeiramente pegajosa; LPI=ligeiramente plástica; Ma=macia; MF=muito friável; NPe=não pegajosa; NPI=não plástica; Pe=pegajosa; S=solta; Su=solo úmido (não pôde ser avaliada consistência). <sup>4</sup>Ab=abrupta; Cl=clara; Dif=difusa; Gd=gradual; Od=ondulada; Pn=plana; Qb=quebrada.

**Tabela 12** – Atributos morfológicos dos perfis de solo sob diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. (Continuação)

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor		Estrutura <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Consistência <sup>3</sup>			Transição <sup>4</sup>	
		seca	úmida			seca	úmida	molhada	topografia	nitidez
<b>Perfil 3 – LVAd húmico (Cerrado denso)</b>										
A1	0-20	2,5YR 3/4	2,5YR 3/3	Mo Fo P Gr	FA	Su	MF	LPe LPl	Pn	Dif
A2	20-50	2,5YR 3/4	2,5YR 3/3	Mo P Gr Bs	FGA	Su	MF	LPe LPl	Pn	Gd
BA	50-80	-	2,5YR 3/4	Fr Mo P M Bs	FGA	LD	F	LPe LPl	Pn	Gd
Bw1	80-130	-	3,5YR 3/6	Fo PP Gr	FGA	LD	F	LPe LPl	Pn	Dif
Bw2	130-170	-	3,5YR 3/6	Fo PP Gr	FGA	LD	F	LPe LPl	Pn	Dif
Bw3	170-210+	-	3,5YR 3/6	Fr M G Bs qsd Fo PP Gr	FGA	LD	F Fi	LPe LPl	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> topo - próximo a 0%										
<b>Drenagem:</b> fortemente drenado										
<b>Perfil 8 – LVAd típico, A moderado (Cerrado denso)</b>										
A1	0-14	7,5YR 4/4	5YR 4/4	Fr P M Gr Gs	FA	Ma	MF	NPe NPl	Pn	Gd
A2	14-40	7,5YR 4,5/4	5YR 4/4	Fr P M Gr Bs	AF	Ma	MF	LPl NPe	Pn	Gd
A3	40-75	-	5YR 4/5	Fr M G Bs Gr	AF	Ma	MF	LPe LPl	Pn	Dif
AB	75-120	-	5YR 4/6	Fr G Bs Gs	FA	Ma	MF	LPe LPl	Pn	Dif
Bw1	120-170	-	5YR 4/6	Gs	FA	Ma LD	MF	LPe LPl	Pn	Dif
Bw2	170-200+	-	5YR 4/6	Gs	FA	Ma LD	MF	LPe LPl	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> terço inferior - próximo a 0% D										
<b>Drenagem:</b> forte a excessivamente drenado										
<b>Perfil 11 – LVAd típico, A moderado (Cerrado denso)</b>										
A	0-19	5YR 4/5	3,5YR 4/5	Fr Mo P M Gr Bs	A	Ma	MF	LPe LPl	Pn	Gd
AB	19-41	5YR 4/6	2,5YR 3/5	Fr Mo P M Bs Gr	AF	LD	MF	LPe LPl	Pn	Dif
BA	41-87	-	2,5YR 3/5	Mo M G Bs	AF	LD	MF	LPe LPl	Pn	Dif
Bw1	87-138	-	2,5YR 3/5	Fr Mo M G Bs qsd Fo PP Gr	FA	LD	MF	LPe LPl	Pn	Dif
Bw2	138-210+	-	2,5YR 3/6	Fo PP Gr	FA	Ma	MF	LPe LPl	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> terço inferior - 5% D										
<b>Drenagem:</b> fortemente drenado										

<sup>1</sup>Fo=forte; Fr=fraca; Mo=moderada; G=grande; M=média; P=pequena; PP=muito pequena; Bs=blocos subangulares; Ba=blocos angulares; Gr=granular; Gs=grãos simples; qsd=que se desfaz. <sup>2</sup>A=areia/arenosa; F=franco(a); G=argilo/argilosa. <sup>3</sup>D=dura; F=friável; Fi=firme; LD=ligeiramente dura; LPe=ligeiramente pegajosa; LPl=ligeiramente plástica; Ma=macia; MF=muito friável; NPe=não pegajosa; NPl=não plástica; Pe=pegajosa; Su=solo úmido (não pôde ser avaliada consistência). <sup>4</sup>Ab=abrupta; Cl=clara; Dif=difusa; Gd=gradual; Od=ondulada; Pn=plana.

**Tabela 12** – Atributos morfológicos dos perfis de solo sob diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. (Continuação)

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor		Estrutura <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Consistência <sup>3</sup>			Transição <sup>4</sup>	
		seca	úmida			seca	úmida	molhada	topografia	nítidez
<b>Perfil 12 – RQo latossólico, A moderado (Cerrado denso)</b>										
A	0-15	7,5YR 4,5/4	7,5YR 4/4	Mo P M Gr Bs	AF	Ma LD	MF	NPe NPI	Pn	Cl
AC	15-40	7,5YR 5/4	7,5YR 4/4	Mo M G Bs P M Gr	AF	Ma	MF	LPI NPe	Pn	Gd
CA	40-70	-	7,5YR 4/6	Mo M G Bs	AF	LD	MF	LPe LPI	Pn	Dif
C1	70-112	-	7,5YR 4/6	Mo G M Bs	AF	D	MF	LPe LPI	Pn	Dif
C2	112-160	-	6,5YR 4/6	Mo M G Bs	AF	D	MF	LPe LPI	Pn	Dif
C3	160-210+	-	6,5YR 4/6	Fr M G Bs qsd Fo PP Gr	FA	LD D	MF	LPe LPI	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> terço inferior a sopé - 4,5% D										
<b>Drenagem:</b> fortemente drenado										
<b>Perfil 7 – LVAd típico, A moderado (Cerrado típico)</b>										
A	0-10	5YR 4/6	5YR 3/4	Fr P PP Gr	AF	Ma	MF	LPI NPe	Pn	Cl
AB	10-40	5YR 4/6	5YR 4/5	Fr P M Gr Bs	AF	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Gd
BA	40-105 (100-110)	-	4YR 4/6	Fr M G Bs PP Gr Gs	AF	Ma	MF	LPI NPe	Od	Gd
Bw1	105-155	-	4YR 4/6	Fr M G Bs P PP Gr	FA	Ma	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw2	155-210+	-	4YR 4/6	Mo PP Gr Gs	FA	Ma	MF	LPe LPI	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> terço inferior - 2% D										
<b>Drenagem:</b> forte a excessivamente drenado										
<b>Perfil 10 – RQo típico, A moderado (Cerrado típico)</b>										
A	0-15	5YR 4/3	5YR 4/5	Fr P PP Gr Gs	A	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Gd
AC	15-52	5YR 4/4	5YR 4/5	Fr P M Gr Bs	AF	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Dif
C1	52-102	-	5YR 4/5	Fr G Bs	AF	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Dif
C2	102-148	-	5YR 4/5	Gs	AF	Ma	MF	LPI NPe	Pn	Dif
C3	148-210+	-	5YR 4/5	Gs	AF	Ma	MF	LPI NPe	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> sopé - 5% D										
<b>Drenagem:</b> excessivamente drenado										

<sup>1</sup>Fo=forte; Fr=fraca; Mo=moderada; G=grande; M=média; P=pequena; PP=muito pequena; Bs=blocos subangulares; Ba=blocos angulares; Gr=granular; Gs=grãos simples; qsd=que se desfaz. <sup>2</sup>A=areia/arenosa; F=franco(a); G=argilo/argilosa. <sup>3</sup>D=dura; F=friável; Fi=firme; LD=ligeiramente dura; LPe=ligeiramente pegajosa; LPI=ligeiramente plástica; Ma=macia; MF=muito friável; NPe=não pegajosa; NPI=não plástica; Pe=pegajosa. <sup>4</sup>Ab=abrupta; Cl=clara; Dif=difusa; Gd=gradual; Od=ondulada; Pn=plana.

**Tabela 12** – Atributos morfológicos dos perfis de solo sob diferentes fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. (Continuação)

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor		Estrutura <sup>1</sup>	Textura <sup>2</sup>	Consistência <sup>3</sup>			Transição <sup>4</sup>	
		seca	úmida			seca	úmida	molhada	topografia	nítidez
<b>Perfil 13 – RQo argissólico, A moderado (Cerrado típico)</b>										
A	0-17	10YR 5/3	7,5YR 4/2	Mo P M Gr Bs Gs	AF	Ma	MF	LPI NPe	Pn	Cl
AE	17-37	9YR 6/3	7,5YR 4/3	Fr P M Gr Bs	AF	LD	MF	NPe NPI	Pn	Gd
E	37-80	-	7,5YR 4/3	Mo M G Bs P M Gr	AF	Ma LD	MF	NPe NPI	Pn	Gd
C1	80-120	-	8,5YR 4/4	Mo G Bs	AF	LD	MF	LPe LPI	Od	Cl
	(110-130)									
C2	120-175	-	8,5YR 4/6	Mo G Bs qsd Fo PP Gr	AF	LD	MF	LPe LPI	Od	Cl
	(160-180)									
C3	175-210+	-	7,5YR 4/6**	Mo G Bs qsd Fo PP Gr	FA	D	MF	LPe LPI	-	-
<b>Obs.:</b> Mosqueados C3: 10YR 6/2, comum, grande e distinto; 7,5YR 5/8, pouco, pequeno e médio e proeminente.										
<b>Situação e declividade (D):</b> sopé - 7% D										
<b>Drenagem:</b> moderadamente drenado										
<b>Perfil 14 – LVAd típico, A moderado (Cerrado típico)</b>										
A	0-18	6,5YR 4/4	5YR 4/4	Fr P M Gr Gs	AF	LD	MF	NPe NPI	Pn	Gd
AB	18-35	6YR 4/4	5YR 4/4	Fr P M Gr Bs	AF	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Gd
BA	35-68	-	5YR 4/5	Fr Mo P G Bs Gr	AF	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Dif
Bw1	68-98	-	5YR 4/6	Fr G Bs	AF	Ma	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw2	98-142	-	5YR 4/6	Fr M G Bs	AF	Ma	MF	LPe LPI	Pn	Dif
Bw3	142-210+	-	5YR 4/6	Gs	FA	Ma	MF S	LPe LPI	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> sopé - 4% D										
<b>Drenagem:</b> forte a excessivamente drenado										
<b>Perfil 15 – RQo latossólico, A moderado (Cerrado típico)</b>										
A1	0-20	5YR 4/5	5YR 4/4	Fr Mo P M Gr Gs	A	Ma	MF S	NPe NPI	Pn	Cl
A2	20-40	6YR 4/6	5YR 4/4	Mo P M Gr Bs	A	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Gd
AC	40-65	-	5YR 4/5	Mo M G Bs	A	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Dif
CA	65-120	-	5YR 4/5	Mo G Bs	AF	Ma	MF	NPe NPI	Pn	Dif
C1	120-165	-	5YR 4/6	Mo Fr M G Bs	AF	Ma	MF	LPe LPI	Pn	Dif
C2	165-220+	-	5YR 4/6	Mo G Bs qsd Fo PP Gr	AF	LD	MF	LPe LPI	-	-
<b>Situação e declividade (D):</b> sopé - 4%										
<b>Drenagem:</b> forte a excessivamente drenado										

<sup>1</sup>Fo=forte; Fr=fraca; Mo=moderada; G=grande; M=média; P=pequena; PP=muito pequena; Bs=blocos subangulares; Gr=granular; Gs=grãos simples; qsd=que se desfaz.

<sup>2</sup>A=areia/arenosa; F=franco(a). <sup>3</sup>D=dura; Fi=firme; LD=ligeiramente dura; LPe=ligeiramente pegajosa; LPI=ligeiramente plástica; Ma=macia; MF=muito friável; NPe=não pegajosa; NPI=não plástica; S=solta. <sup>4</sup>Ab=abrupta; Cl=clara; Dif=difusa; Gd=gradual; Od=ondulada; Pn=plana.

Todos os perfis sob cerradão são Latossolos, sendo que três deles (P4, P5 e P6) são do subgrupo argissólico, que indica um solo intermediário para a ordem dos Argissolos, isto é, solos com horizonte B textural (Bt) abaixo do B latossólico ou horizonte B latossólico (Bw) intermediário para Bt, com estrutura em blocos com grau de desenvolvimento fraco ou moderado e/ou cerosidade pouca e moderada, ambos abaixo do Bw e dentro de 200 cm da superfície do solo (SANTOS et al., 2006). A drenagem varia de acentuada a fortemente drenada no perfil 4, localizado em uma declividade ligeiramente maior do que os perfis 5 e 6, que foram descritos como acentuadamente drenados. Os demais Latossolos sob cerradão (P1 e P9) se enquadram como típicos, sendo que o P1 se diferencia por sua estrutura granular já aos 100 cm da superfície do solo e o P9 possui sutis diferenças na estrutura e na consistência, ligeiramente dura. A estrutura dos solos sob cerradão em relação aos solos sob cerrado *stricto sensu* é em blocos e em grau moderado na maioria dos horizontes, com ou sem estrutura granular, e apresenta maior desenvolvimento de microporos, favorecidos pelo maior teor de argila destes solos, o que contribui para maior retenção hídrica (COOPER & VIDAL-TORRADO, 2005) e favorece a vegetação de maior porte. A ocorrência da fisionomia de cerradão associada a Latossolos também foi observada por REATTO et al. (2003) em Rio Descoberto, DF e GO, KOTCHETKOFF-HENRIQUES et al. (2005) em Ribeirão Preto, SP, e ROSSI et al. (2005) em Porto Ferreira, SP.

Dos perfis sob cerrado denso, todos fortemente drenados, apenas P12 não foi classificado como Latossolo, mas sim como Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico, porém apresenta morfologia semelhante à de Latossolos com textura média, como a estrutura dos perfis 8 e 11, Latossolos Vermelho-Amarelo e Vermelho, respectivamente, pertencentes ao subgrupo de solo típico. Já os perfis 2 e 3 apresentam estrutura mais fortemente desenvolvida que os demais, principalmente no horizonte A1, e representam o solo das parcelas 16 e 18, lançadas em área onde ocorreu um incêndio acidental e que são ecótonos cerrado denso/cerradão. Estes dois perfis estão situados no topo da paisagem (Figura 2), ao contrário dos demais associados a cerrado denso, que se localizam no terço inferior, e sua declividade é próxima a zero. O horizonte superficial (A) destes solos é A húmico, diferente de todos os outros solos do estudo, que têm A moderado, o que pode ter sido consequência do incêndio ocorrido nestas parcelas. No geral, os perfis sob cerrado denso se assemelham aos perfis sob cerradão quanto à estrutura do solo, porém com o grau de desenvolvimento da estrutura em blocos geralmente mais fraco e com o P8 apresentando grãos simples, considerado como ausência de estrutura (CURI, 1993), o que aumenta a permeabilidade do solo (são fortemente drenados) e diminui a retenção de água, favorecendo a menor estrutura

vegetacional do cerrado denso em relação ao cerradão.

Dos perfis de solo sob cerrado típico, três são Neossolos Quartzarênicos (P10, P13 e P15) e dois são Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos típicos (P7 e P14). P7 e P14 possuem a estrutura granular e em blocos fracamente desenvolvidas e em grãos simples. Já o P15 é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico latossólico, apresentando estrutura semelhante à dos Latossolos. O perfil 10, Neossolo Quartzarênico Órtico típico, tem fraca estrutura granular e em blocos, sendo que a partir dos 102 cm de profundidade este solo apresenta-se em grãos simples, contribuindo para uma drenagem excessiva. A alta permeabilidade destes quatro tipos de solos pode favorecer o estabelecimento da vegetação de menor porte, o cerrado típico. O perfil 13, um Neossolo Quartzarênico Órtico argissólico, é um tipo de solo intermediário para Argissolo, ou seja, apresenta dentro de 150 cm da superfície do solo horizonte E, sem escurecimento nos horizontes ou camadas abaixo do A por matéria orgânica e ferro; ou lamelas de textura franco-arenosa ou mais fina, cuja espessura total é menor que 15 cm, não caracterizando o horizonte B textural (SANTOS et al., 2006). A declividade no local é aproximadamente 7% e o material originário é produto do colúvio da alteração de arenitos da Formação Adamantina, Grupo Bauru. Na massa do solo dos horizontes AE, E e C1 foram observados corpos constituindo línguas de orientação variada de tamanho médio (1 a 5 cm) e coloração esbranquiçada (10YR 7/1), formados de grãos de quartzo (areia grossa – grãos arredondados) envolvidos em matriz um pouco mais fina (areia fina). À exceção da estrutura fraca do horizonte AE, as demais estruturas em blocos apresentaram-se como moderadas. O solo é moderadamente drenado e os mosqueados no horizonte C3 podem ter decorrido de flutuação do lençol freático no local, situado no sopé, próximo ao curso d'água. A avaliação da textura realizada no campo, a partir do solo coletado na tradagem, indicou aumento do teor de argila a partir de 250 cm de profundidade. Em solos com maior disponibilidade hídrica, mesmo que arenosos como no caso do P13, seria esperada uma vegetação de maior porte, o que não ocorre na parcela sobre este solo.

PINHEIRO & DURIGAN (2009) verificaram que a resiliência da vegetação é variável entre fitofisionomias e entre trechos da EEcA e que a sucessão rumo a cerradão tem sido mais lenta nas áreas ocupadas pela samambaia *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon ou por fisionomias savânicas em trechos situados nas porções inferiores das vertentes. Estes autores observaram que esta espécie de samambaia geralmente ocupa locais próximos às nascentes de cursos d'água. BRANDO & DURIGAN (2004) estudaram os efeitos de uma geada severa sobre a EEcA e constataram mudanças na estrutura da comunidade vegetal parecidas com as causadas pelo fogo, com redução da fitomassa aérea. Estes autores acreditam que quanto mais



freqüentes e intensos forem os distúrbios causados por este fenômeno, ainda que geadas severas sejam esporádicas na região, maior influência ele terá em manter o cerrado aberto, mesmo em pontos da unidade onde a disponibilidade de água e nutrientes possam suportar vegetação de maior biomassa. Os trechos localizados nos fundos dos vales apresentam boa disponibilidade hídrica, mas também são os locais onde o frio é mais intenso, com maior probabilidade de desenvolvimento de geada (CAMARGO, 1963). Portanto, o fato de fisionomias de menor porte, como ct-7, ct-2 e ct-5, estarem associadas a solos que numa situação ideal apresentariam características favoráveis a uma vegetação mais densa, pode ser uma consequência de geadas severas ou, ainda, de outros fatores externos não estudados.

De acordo com RIBEIRO & WALTER (1998), a associação da vegetação a um tipo específico de solo pode ocorrer em algumas áreas do Bioma Cerrado, porém não deve ser generalizada, pois pode-se encontrar em Latossolo Vermelho-Amarelo, por exemplo, um cerradão (formação florestal), um cerrado típico (formação savânica) ou um campo sujo (formação campestre), de modo que as características do solo nem sempre estarão associadas ao tipo de vegetação. No presente estudo, a classificação dos solos da EECA mostrou que os Latossolos estão associados às três fisionomias e que os Neossolos Quartzarênicos estão associados somente ao cerrado *stricto sensu*, sendo a estrutura, relacionada com a retenção hídrica, um importante atributo que os diferencia, ao contrário de solos de textura média “grossa” que apresentam B textural, nos quais, segundo PRADO et al. (1999), o gradiente textural é mais relevante para a retenção de água do que a estrutura.

#### **4.2.2 Atributos granulométricos**

Os resultados da análise granulométrica das amostras de solo coletadas nas trincheiras (Tabela 13) se assemelham aos resultados das amostras compostas de solo (Tabela 1) nas profundidades superficial e subsuperficial equivalentes, permitindo inferir que os perfis de solo representam bem o solo da parcela como um todo em termos de granulometria. Os solos apresentam pouco acréscimo de argila em profundidade, mas que se reflete em algumas mudanças na estrutura do solo (Tabela 12).

Todos os solos sob as parcelas de cerradão são Latossolos de textura média e possuem menores teores de areia grossa em relação aos demais solos em estudo, com exceção daqueles das parcelas 16 e 18 de cerrado denso (em transição para cerradão). A textura é classificada como franco-arenosa em quase todos os horizontes, havendo mudança para franco-argilo-arenosa abaixo de 100 cm de profundidade nos perfis 1, 4 e 9. Este aumento do teor de argila

confere maior agregação das partículas do solo, contribuindo para maior retenção hídrica (RESENDE et al., 1997), que pode ser observada na estrutura destes solos.

**Tabela 13** – Granulometria dos perfis de solo do cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.

	<b>Horizonte</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>AG</b>	<b>AF</b>	<b>Silte (g.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Argila</b>	<b>Classe Textural</b>
P1-C29	A	0-20	292	494	43	171	Franco-arenosa
	AB	20-30	276	555	25	145	Franco-arenosa
	BA	30-50	365	444	29	161	Franco-arenosa
	Bw1	50-100	315	483	25	178	Franco-arenosa
	Bw2	100-150	275	480	36	210	Franco-argilo-arenosa
	Bw3	150-210+	231	512	34	223	Franco-argiloarenosa
P4 -C32	A	0-18	350	473	36	141	Franco-arenosa
	AB	18-28	380	450	30	140	Franco-arenosa
	BA	28-45	401	397	33	168	Franco-arenosa
	Bw1	45-95	368	415	44	173	Franco-arenosa
	Bw2	95-145	350	417	43	191	Franco-arenosa
	Bw3	145-210+	311	444	36	209	Franco-argilo-arenosa
P5-C33	A1	0-15	383	420	47	150	Franco-arenosa
	A2	15-40	404	439	35	122	Franco-arenosa
	AB	40-65	319	499	38	144	Franco-arenosa
	BA	65-105	335	471	41	153	Franco-arenosa
	Bw1	105-150	315	460	49	175	Franco-arenosa
	Bw2	150-200	256	502	52	190	Franco-arenosa
P6-C34	A1	0-13	353	446	60	141	Franco-arenosa
	A2	13-40	341	496	44	120	Franco-arenosa
	BA	40-82	277	531	50	142	Franco-arenosa
	Bw1	82-113	268	521	45	166	Franco-arenosa
	Bw2	113-170	240	527	50	183	Franco-arenosa
	Bw3	170-210+	275	488	59	178	Franco-arenosa
P9-C26	A	0-18	405	408	37	150	Franco-arenosa
	AB	18-40	432	382	37	149	Franco-arenosa
	BA	40-72	332	442	36	190	Franco-arenosa
	Bw1	72-115	291	487	34	188	Franco-arenosa
	Bw2	115-165	345	406	5	244	Franco-argilo-arenosa
	Bw3	165-210+	328	420	35	217	Franco-argilo-arenosa
P2-cd18	A1	0-20	502	289	178	31	Franco-arenosa
	A2	20-43	515	263	184	39	Franco-arenosa
	AB	43-60	485	273	210	33	Franco-argilo-arenosa
	Bw1	75-148	439	326	207	28	Franco-argilo-arenosa
	Bw2	148-200	432	322	223	23	Franco-argilo-arenosa
P3-cd16	A1	0-20	450	327	37	186	Franco-arenosa
	A2	20-50	434	313	36	217	Franco-argilo-arenosa
	BA	50-80	410	332	35	223	Franco-argilo-arenosa
	Bw1	80-130	367	363	36	233	Franco-argilo-arenosa
	Bw2	130-170	344	357	50	250	Franco-argilo-arenosa
	Bw3	170-210+	377	349	37	237	Franco-argilo-arenosa
P8-cd8	A1	0-14	366	424	38	173	Franco-arenosa
	A2	14-40	499	350	34	117	Areia-franca
	A3	40-75	446	391	27	136	Areia-franca
	AB	75-120	409	421	23	146	Franco-arenosa
	Bw1	120-170	393	430	20	156	Franco-arenosa
	Bw2	170-200+	435	367	28	169	Franco-arenosa

Prof.=profundidade; AG=areia grossa; AF=areia fina; P=perfil; C=cerradão; cd=cerrado denso.

**Tabela 13** – Granulometria dos perfis de solo do cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.  
(Continuação)

	<b>Horizonte</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>AG</b>	<b>AF</b>	<b>Silte (g.kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>Argila</b>	<b>Classe Textural</b>
P11-cd6	A	0-19	440	453	29	78	Areia
	AB	19-41	417	443	39	101	Areia-franca
	BA	41-87	343	509	29	119	Areia-franca
	Bw1	87-138	346	479	34	140	Franco-arenosa
	Bw2	138-210+	346	465	34	155	Franco-arenosa
P12-cd1	A	0-15	496	384	26	94	Areia-franca
	AC	15-40	497	376	27	99	Areia-franca
	CA	40-70	488	381	25	106	Areia-franca
	C1	70-112	431	433	20	116	Areia-franca
	C2	112-160	447	391	28	135	Areia-franca
	C3	160-210+	395	408	35	162	Franco-arenosa
P7-ct7	A	0-10	520	359	29	92	Areia-franca
	AB	10-40	489	371	30	109	Areia-franca
	BA	40-105	402	454	30	114	Areia-franca
	Bw1	105-155	363	471	25	141	Areia-franca
	Bw2	155-210+	332	489	24	155	Franco-arenosa
P10-ct3	A	0-15	585	306	30	79	Areia
	AC	15-52	555	319	38	87	Areia-franca
	C1	52-102	464	398	28	110	Areia-franca
	C2	102-148	539	309	33	119	Areia-franca
	C3	148-210+	510	330	26	134	Areia-franca
P13-ct2	A	0-17	529	345	38	89	Areia-franca
	AE	17-37	462	430	18	90	Areia-franca
	E	37-80	456	423	23	98	Areia-franca
	C1	80-120	492	365	22	121	Areia-franca
	C2	120-170	416	426	23	135	Areia-franca
	C3	170-210+	445	387	32	136	Franco-arenosa
P14-ct13	A	0-18	548	325	30	98	Areia-franca
	AB	18-35	502	391	20	88	Areia-franca
	BA	35-68	542	330	25	103	Areia-franca
	Bw1	68-98	527	340	33	100	Areia-franca
	Bw2	98-142	497	351	44	108	Areia-franca
	Bw3	142-210+	433	397	39	131	Franco-arenosa
P15-ct5	A1	0-20	549	352	38	62	Areia
	A2	20-40	496	396	32	76	Areia
	AC	40-65	583	307	38	72	Areia
	CA	65-120	527	340	48	85	Areia-franca
	C1	120-165	543	314	39	104	Areia-franca
	C2	165-220+	461	389	41	109	Areia-franca

Prof.=profundidade; AG=areia grossa; AF=areia fina; P=perfil; cd=cerrado denso; ct=cerrado típico.

Os solos dos perfis 2 e 3, sob cerrado denso, são os solos com os maiores teores de argila em profundidade, o que favorece a estrutura granular fortemente desenvolvida observada e também contribui para maior retenção hídrica do solo. Nos perfis 8 e 11, a textura varia de arenosa (areia e areia-franca) a média (franco-arenosa e franco-argilo-arenosa), mas a estrutura se assemelha à dos perfis 2 e 3. Apesar de estarem relacionadas, a estrutura dos Latossolos parece ser mais importante para a retenção de água ao longo do perfil do que a

textura, concordando com WOLF (1974). O perfil 12 é o único Neossolo Quartzarênico sob parcela de cerrado denso, porém pertence ao subgrupo latossólico, apresentando estrutura semelhante à dos Latossolos de textura média identificados na área.

Os solos das parcelas de cerrado típico, na avaliação por horizontes, são os mais arenosos e que possuem os menores teores de argila, conferindo uma estrutura, no geral, fracamente desenvolvida, o que aumenta a drenabilidade (JUHÁSZ, 2005), diminui a retenção hídrica e favorece uma vegetação de menor porte como a desta fisionomia (TOPPA, 2004). Apenas na tradagem realizada no perfil 13, localizado em local de drenagem imperfeita, foi observado um aumento do teor de argila no solo, que passou a franco-argilo-arenoso aos 250 cm de profundidade (textura feita no campo).

#### 4.2.3 Atributos químicos

A tabela 14 mostra os resultados da análise química dos solos coletados em cada horizonte. De acordo com a classificação de SANTOS et al. (2006), o pH do solo em água varia de fortemente (4,3 a 5,3) a extremamente ácido (< 4,3). Com base em limites de valores estabelecidos por estes autores, todos os solos são hipodistróficos ( $V\% < 35\%$ ) e álicos (saturação por alumínio > 50%), concordando com o resultado da análise química das amostras compostas de solos (Tabelas 2 e 3). De maneira geral os solos de cerrado são álicos, com teores de Al crescentes da fisionomia de maior porte, cerradão, para a de menor porte, campo limpo (GOODLAND & POLLARD, 1973; REATTO et al., 1998). Este gradiente, contudo, não foi observado nas três fisionomias estudadas na EEcA, ocorrendo a situação inversa e que também foi observada por RUGGIERO et al. (2002) e TOPPA (2004), que encontraram maior teor de Al em solo sob cerradão, em todas as profundidades analisadas, do que em solo sob cerrado *stricto sensu*. Os solos de cerrado estudados por estes autores também são ácidos, álicos e hipodistróficos.

Os teores de matéria orgânica (MO) foram mais elevados nos solos das parcelas de cerradão, uma provável consequência do maior acúmulo de serapilheira nesta fisionomia de maior porte, e também nas parcelas de cerrado denso 16 e 18. Estas parcelas estão sobre Latossolos com horizonte A húmico, que é definido por SANTOS et al. (2006) como um horizonte mineral de cor escura (valor e croma  $\leq 4$ ), saturação por bases inferior a 65% e com valor de carbono orgânico total  $\geq 60 + (0,1 \times \text{média ponderada de argila no horizonte A})$ .

**Tabela 14** – Atributos químicos dos perfis de solo do cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP.

	Horizonte	Prof. (cm)	pH H <sub>2</sub> O	MO g.kg <sup>-1</sup>	P mg.kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al mmolc.kg <sup>-1</sup>	SB	CTC	V% -	m% -
P1-C29	A	0-20	4,5	32	8	0,7	1	1	15	55	2,7	57,7	5	85
	AB	20-30	4,5	13	4	0,2	1	1	11	35	2,2	37,2	6	83
	BA	30-50	4,6	9	1	0,1	1	1	9	24	2,1	26,1	8	81
	Bw1	50-100	4,5	7	1	0,1	1	1	8	23	2,1	25,1	8	79
	Bw2	100-150	4,4	5	1	0,1	1	1	7	13	2,1	15,1	14	77
	Bw3	150-210+	4,6	5	1	0,1	1	1	11	13	2,1	15,1	14	84
P4 -C32	A	0-18	4,3	18	4	0,6	1	1	12	40	2,6	42,6	6	82
	AB	18-28	4,4	11	1	0,3	1	1	8	28	2,3	30,3	8	78
	BA	28-45	4,3	11	2	0,2	1	1	12	29	2,2	31,2	7	85
	Bw1	45-95	4,3	7	1	0,1	1	1	9	22	2,1	24,1	9	81
	Bw2	95-145	4,3	5	2	0,1	1	1	8	15	2,1	17,1	12	79
	Bw3	145-210+	4,4	5	1	0,1	1	1	8	19	2,1	21,1	10	79
P5-C33	A1	0-15	4,1	18	3	0,3	1	1	12	39	2,3	41,3	6	84
	A2	15-40	4,2	9	1	0,2	1	1	9	22	2,2	24,2	9	80
	AB	40-65	4,1	7	1	0,1	1	1	9	21	2,1	23,1	9	81
	BA	65-105	4,1	6	1	0,1	1	1	8	18	2,1	20,1	10	79
	Bw1	105-150	4,2	6	1	0,1	1	1	7	15	2,1	17,1	12	77
	Bw2	150-200	4,3	6	2	0,1	1	1	7	17	2,1	19,1	11	77
P6-C34	A1	0-13	4,1	20	4	0,3	1	1	14	43	2,3	45,3	5	86
	A2	13-40	4,2	10	2	0,1	1	1	11	26	2,1	28,1	7	84
	BA	40-82	4,2	8	1	0,1	2	1	12	29	3,1	32,1	10	79
	Bw1	82-113	4,2	6	1	0,1	1	1	11	20	2,1	22,1	10	84
	Bw2	113-170	4,4	6	1	0,1	1	1	14	20	2,1	22,1	10	87
	Bw3	170-210+	4,6	4	1	0,1	1	1	10	20	2,1	22,1	10	83
P9-C26	A	0-18	4,0	20	7	0,5	1	1	12	54	2,5	56,5	4	83
	AB	18-40	4,3	12	3	0,2	1	1	9	32	2,2	34,2	6	80
	BA	40-72	4,3	7	1	0,1	1	1	8	24	2,1	26,1	8	79
	Bw1	72-115	4,3	5	1	0,1	1	1	8	19	2,1	21,1	10	79
	Bw2	115-165	4,5	4	1	0,1	1	1	8	17	2,1	19,1	11	79
	Bw3	165-210+	4,7	4	1	0,1	1	1	8	17	2,1	19,1	11	79
P2-cd18	A1	0-20	4,2	23	4	0,5	1	1	16	59	2,5	61,5	4	86
	A2	20-43	4,4	18	1	0,2	1	1	17	52	2,2	54,2	4	89
	AB	43-60	4,4	18	1	0,1	1	1	17	52	2,1	54,1	4	89
	Bw1	75-148	4,8	6	1	0,1	1	1	8	20	2,1	22,1	10	79
	Bw2	148-200	4,7	5	1	0,1	1	1	6	14	2,1	16,1	13	74
	P3-cd16	A1	0-20	4,1	23	4	0,5	1	1	19	58	2,5	60,5	4
A2		20-50	4,3	22	2	0,2	1	1	20	62	2,2	64,2	3	90
BA		50-80	4,1	10	1	0,1	1	1	14	39	2,1	41,1	5	87
Bw1		80-130	4,3	6	1	0,1	1	1	12	27	2,1	29,1	7	85
Bw2		130-170	4,2	6	1	0,1	1	1	9	18	2,1	20,1	10	81
Bw3		170-210+	4,3	6	1	0,1	1	1	8	16	2,1	18,1	12	79
P8-cd8	A1	0-14	4,0	12	3	0,2	1	1	11	34	2,2	36,2	6	83
	A2	14-40	4,3	7	1	0,1	1	1	9	22	2,1	24,1	9	81
	A3	40-75	4,2	6	1	0,1	1	1	8	19	2,1	21,1	10	79
	AB	75-120	4,3	6	1	0,1	1	1	7	17	2,1	19,1	11	77
	Bw1	120-170	4,3	5	1	0,1	1	1	8	16	2,1	18,1	12	79
	Bw2	170-200+	4,4	4	1	0,1	1	1	8	23	2,1	25,1	8	79

Hor.=horizonte; Prof.=profundidade; MO=matéria orgânica; P=fósforo; K=potássio; Ca=cálcio; Mg=magnésio; Al=alumínio; H+Al=acidez potencial; SB=soma de bases; CTC= capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; P=perfil; C=cerradão; cd=cerrado denso.

**Tabela 14** – Atributos químicos dos perfis de solo do cerrado da Estação Ecológica de Assis, SP. (Continuação)

	Horizonte	Prof. (cm)	pH H <sub>2</sub> O	MO g.kg <sup>-1</sup>	P mg.kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al mmolc.kg <sup>-1</sup>	SB	CTC	V% -	m% -
P11-cd6	A	0-19	4,3	9	2	0,2	1	1	8	20	2,2	22,2	10	78
	AB	19-41	4,2	7	2	0,1	1	1	9	20	2,1	22,1	10	81
	BA	41-87	4,3	5	1	0,1	1	1	9	15	2,1	17,1	12	81
	Bw1	87-138	4,2	4	1	0,1	1	1	9	15	2,1	17,1	12	81
	Bw2	138-210+	4,5	3	1	0,1	1	1	8	16	2,1	18,1	12	79
P12-cd1	A	0-15	4,1	9	3	0,2	1	1	8	25	2,2	27,2	8	78
	AC	15-40	4,2	7	2	0,1	1	1	8	19	2,1	21,1	10	79
	CA	40-70	4,3	6	1	0,1	1	1	8	15	2,1	17,1	12	79
	C1	70-112	4,3	5	1	0,1	1	1	7	15	2,1	17,1	12	77
	C2	112-160	4,3	4	1	0,1	1	1	8	15	2,1	17,1	12	79
	C3	160-210+	4,4	5	2	0,1	1	1	8	16	2,1	18,1	12	79
P7-ct7	A	0-10	4,1	14	2	0,3	1	1	10	31	2,3	33,3	7	81
	AB	10-40	4,3	7	2	0,1	1	1	8	22	2,1	24,1	9	79
	BA	40-105	4,1	6	1	0,1	1	1	8	17	2,1	19,1	11	79
	Bw1	105-155	4,2	5	1	0,1	1	1	8	14	2,1	16,1	13	79
	Bw2	155-210+	4,4	3	1	0,1	1	1	9	15	2,1	17,1	12	81
P10-ct3	A	0-15	4,3	12	3	0,4	1	1	7	26	2,4	28,4	8	74
	AC	15-52	4,3	7	1	0,1	1	1	6	17	2,1	19,1	11	74
	C1	52-102	4,3	5	1	0,1	1	1	6	17	2,1	19,1	11	74
	C2	102-148	4,7	4	1	0,1	1	1	7	13	2,1	15,1	14	77
	C3	148-210+	4,4	3	1	0,1	1	1	7	12	2,1	14,1	15	77
P13-ct2	A	0-17	4,3	10	2	0,3	1	1	8	24	2,3	26,3	9	78
	AE	17-37	4,4	7	3	0,1	1	1	8	21	2,1	23,1	9	79
	E	37-80	4,4	5	1	0,1	1	1	8	15	2,1	17,1	12	79
	C1	80-120	4,3	4	1	0,1	1	1	8	14	2,1	16,1	13	79
	C2	120-170	4,3	3	1	0,1	1	1	9	16	2,1	18,1	12	81
	C3	170-210+	4,3	3	1	0,1	1	1	8	16	2,1	18,1	12	79
P14-ct13	A	0-18	4,2	10	3	0,4	1	1	8	28	2,4	30,4	8	77
	AB	18-35	4,4	7	2	0,1	1	1	7	20	2,1	22,1	10	77
	BA	35-68	4,4	6	1	0,1	1	1	7	14	2,1	16,1	13	77
	Bw1	68-98	4,5	6	1	0,1	1	1	7	16	2,1	18,1	12	77
	Bw2	98-142	4,4	4	1	0,1	1	1	7	16	2,1	18,1	12	77
	Bw3	142-210+	4,6	4	1	0,1	1	1	8	15	2,1	17,1	12	79
P15-ct5	A1	0-20	4,3	7	2	0,2	1	1	8	19	2,2	21,2	10	78
	A2	20-40	4,4	5	1	0,1	1	1	8	16	2,1	18,1	12	79
	AC	40-65	4,5	5	1	0,1	1	1	7	12	2,1	14,1	15	77
	CA	65-120	4,5	4	1	0,1	2	1	8	13	3,1	16,1	19	72
	C1	120-165	4,6	2	2	0,1	1	1	8	13	2,1	15,1	14	79
	C2	165-220+	4,6	2	1	0,1	1	1	8	14	2,1	16,1	13	79

Hor.=horizonte; Prof.=profundidade; MO=matéria orgânica; P=fósforo; K=potássio; Ca=cálcio; Mg=magnésio; Al=alumínio; H+Al=acidez potencial; SB=soma de bases; CTC= capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; P=perfil; cd=cerrado denso; ct=cerrado típico.

Pelos limites estabelecidos por RAIJ et al. (1996), os teores de fósforo variam de muito baixos a médios, sendo, em média, baixos em superfície e são muito baixos em subsuperfície. A baixa disponibilidade de P mesmo nos horizontes superficiais, onde há valores de matéria orgânica mais elevados, pode ser atribuída à adsorção por Al<sup>3+</sup> (GOODLAND, 1971). Nos horizontes dos 15 perfis de solo os teores e valores das bases

trocáveis foram muito baixos para o potássio e baixos para o cálcio e magnésio. Em condições de acidez elevada, o Al torna-se bastante solúvel e adsorve o P, formando compostos de P insolúveis na solução do solo e, dessa forma, reduz a disponibilidade deste nutriente às plantas (LOPES, 1984; ANDRADE et al., 2003). Além disso, íons de H deslocam o Ca e o Mg dos colóides do solo que, uma vez transferidos para a solução do solo em formas solúveis são perdidos por lixiviação (RAIJ, 1991). Na EECa, contudo, a acidez elevada e baixa fertilidade do solo não são fatores limitantes ao desenvolvimento da vegetação de maior porte. Os atributos químicos, com discretas diferenças, parecem não ser os determinantes da diferenciação fisionômica.

#### **4.2.4 Retenção de água do solo**

Para a caracterização físico-hídrica do solo foi utilizada a curva de retenção de água, ajustada pelo modelo de GENUCHTEN (1980), a partir da qual são estimados parâmetros como macro e microporosidade, como pode ser dividida a porosidade do solo. O potencial matricial de -6 kPa estabelece o limite entre a microporosidade, responsável pela capacidade de retenção de água e solutos no solo, e a macroporosidade, relacionada com a capacidade de infiltração e drenabilidade e capacidade de aeração do solo (RESENDE et al., 1997). Foram obtidos, também, os dados de densidade do solo e calculados os parâmetros de ajuste da curva e a água disponível do solo para cada horizonte, superficial e subsuperficial.

Em comparação com o horizonte superficial, observa-se que no horizonte subsuperficial ocorre um aumento da densidade do solo em todas as amostras, que é acompanhado pela diminuição da porosidade total. O aumento da densidade em subsuperfície também foi constatado por JUHÁSZ (2005) em solos semelhantes na EECa, sendo atribuído à elevada quantidade de areia (quartzo) nestes horizontes. A diminuição da macroporosidade no horizonte B ou C, em relação ao horizonte A, é mais notável do que o aumento da microporosidade em profundidade, refletindo em uma ligeira redução da porosidade total de um horizonte para o outro em todos os solos (Tabela 15).

Os Latossolos sob cerradão (perfis 1, 4, 5, 6 e 9) e os Latossolos com horizonte A húmico (P2 e P3), identificados sob as parcelas de cerrado denso localizadas próximas às de cerradão, apresentam volume de microporos um pouco maior em relação aos demais solos. Considerando que as características de P2 e P3, que estão sob as parcelas 16 e 18 (ecótonos cerrado denso/cerradão) se assemelham mais às dos perfis sob cerradão, a água retida no potencial matricial -10 kPa nos horizontes superficial (A) e subsuperficial (B ou C),

respectivamente, é, em média: 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (A) e 0,19 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (B), para cerradão (perfis 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9); 0,15 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (A) e 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (B ou C), para cerrado denso (P8, P11 e P12); e 0,15 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (A) e 0,15 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> (B ou C), para cerrado típico (P7, P10, P13, P14 E P15). A diferença de água retida em subsuperfície pelo cerrado denso e pelo típico provavelmente resulta do grau de desenvolvimento da estrutura e do maior teor argila do solo sob cerrado denso (Tabelas 12 e 13), que, apesar de ligeiramente diferentes dos de cerrado típico, promovem maior retenção hídrica.

Em potenciais matriciais menores, a inclinação das curvas do horizonte B ou C se inicia antes da inclinação das curvas do horizonte A (Figuras 5 e 6), o que contribui para a maior disponibilidade de água do horizonte B ou C em potenciais menores que -10 kPa. Por outro lado, no horizonte A a drenagem da água é mais rápida com menor retenção. Este comportamento está diretamente associado à maior porosidade do solo nestes horizontes, que é consequência do maior teor de matéria orgânica (Tabela 14), e da estrutura em grãos simples encontrada em alguns solos (Tabela 12), o que também foi confirmado pelos dados de JUHÁSZ (2005).

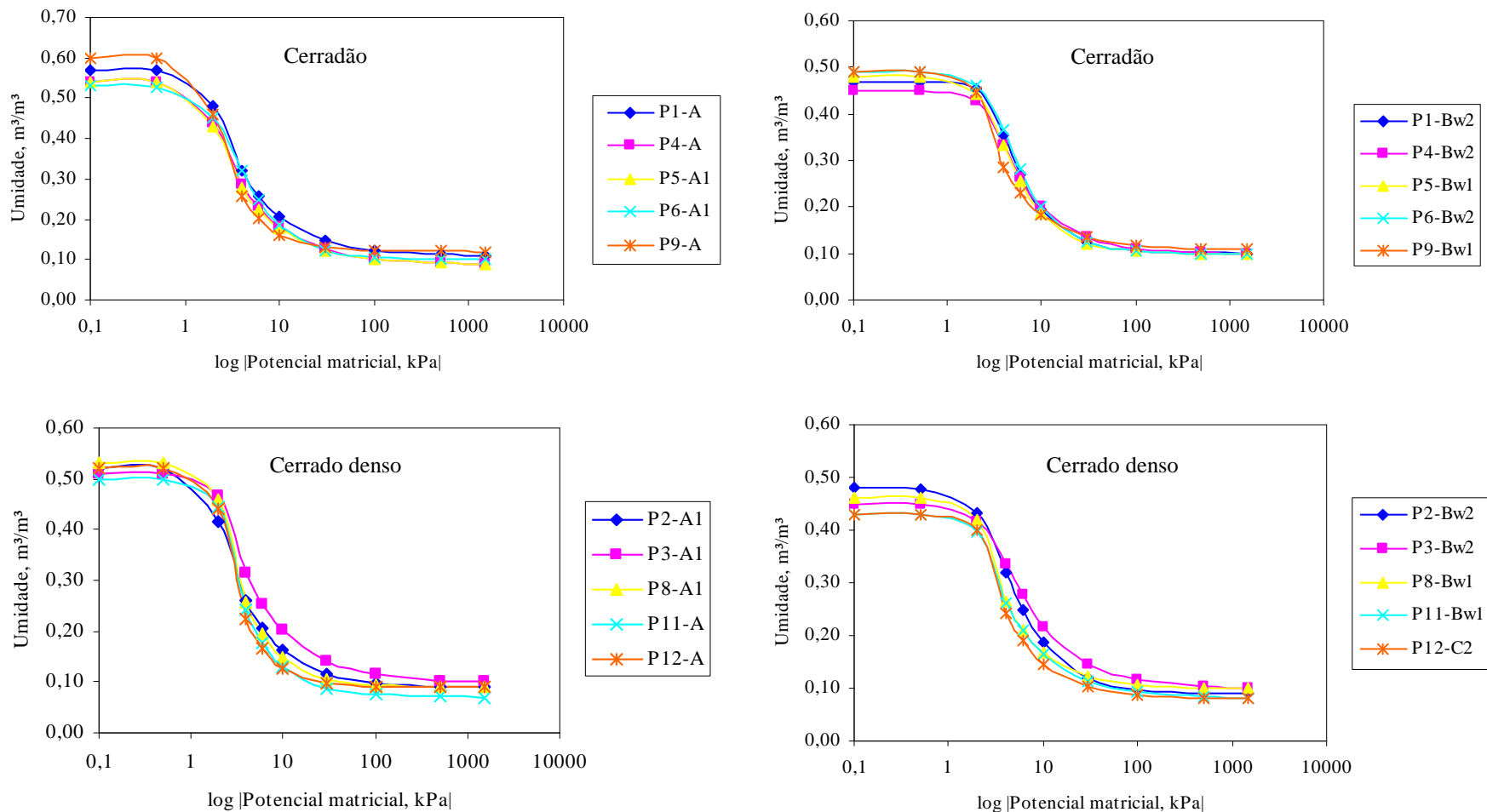
A inclinação das curvas nos horizontes de subsuperfície em potenciais menores é consequência da redução da quantidade de macroporos e do aumento dos microporos, que promovem um aumento de retenção de água nestes horizontes. O aumento da microporosidade está associado ao maior teor de argila em profundidade (Tabela 13), que é suficiente para reter a água em menores potenciais matriciais (SILVA, 2005; JUHÁSZ et al., 2006), como ocorre nos solos sob cerradão da EEcA.



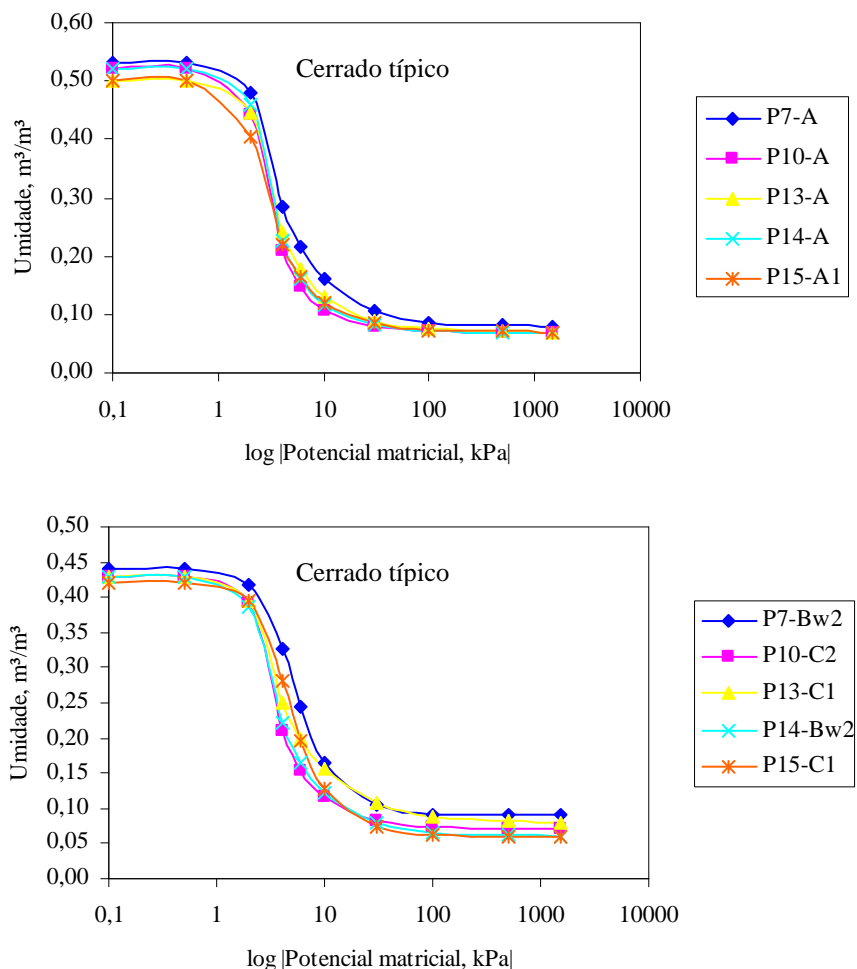
**Tabela 15** – Análises físico-hídricas dos horizontes A e B ou C dos perfis (P) de solo estudados na Estação Ecológica de Assis, SP.

		Potencial Matricial (kPa)									Poros. Total	Porosidade		Água Dispon.	Dens. solo	Índices calculados					
		0	-0,5	-2	-4	-6	-10	-30	-100	-500		-1500	MI			MA	$\theta_r$	$\theta_s$	alfa	m	n
		Umidade, $m^3.m^{-3}$									$m^3.m^{-3}$		$Mg.m^{-3}$	$m^3.m^{-3}$		-	-	-			
Cerrado	P1-A	0,57	0,55	0,48	0,33	0,25	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,57	0,25	0,33	0,08	1,20	0,109	0,570	0,6086	0,1598	5,4391
	P1-Bw2	0,47	0,45	0,44	0,37	0,26	0,18	0,14	0,13	0,11	0,10	0,47	0,26	0,21	0,08	1,39	0,100	0,470	0,3081	0,3193	3,8343
	P4-A	0,54	0,52	0,44	0,29	0,22	0,18	0,14	0,12	0,10	0,09	0,54	0,22	0,32	0,08	1,20	0,088	0,540	0,6847	0,0858	9,4404
	P4-Bw2	0,45	0,43	0,42	0,35	0,25	0,19	0,15	0,12	0,11	0,10	0,45	0,25	0,20	0,09	1,51	0,099	0,450	0,3586	0,2554	3,7922
	P5-A1	0,54	0,52	0,43	0,28	0,22	0,17	0,13	0,11	0,10	0,09	0,54	0,22	0,32	0,08	1,16	0,089	0,540	0,6867	0,1182	7,2382
	P5-Bw1	0,48	0,46	0,44	0,34	0,25	0,18	0,13	0,11	0,10	0,10	0,48	0,25	0,23	0,08	1,50	0,100	0,480	0,3232	0,4274	2,9629
	P6-A1	0,53	0,51	0,45	0,33	0,24	0,18	0,13	0,12	0,11	0,10	0,53	0,24	0,29	0,07	1,32	0,100	0,530	0,3871	0,4839	2,4563
	P6-Bw2	0,49	0,47	0,45	0,38	0,27	0,20	0,13	0,11	0,10	0,10	0,49	0,27	0,22	0,09	1,47	0,100	0,490	0,2677	0,4921	2,7307
	P9-A	0,60	0,57	0,47	0,22	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,60	0,21	0,39	0,08	1,25	0,120	0,600	0,6492	0,1011	12,8769
P9-Bw1	0,49	0,48	0,46	0,25	0,23	0,21	0,15	0,13	0,11	0,11	0,49	0,23	0,26	0,10	1,44	0,109	0,490	0,5656	0,0471	19,9570	
Cerrado denso	P2-A1	0,52	0,50	0,42	0,26	0,20	0,16	0,13	0,12	0,10	0,09	0,52	0,20	0,33	0,07	1,18	0,089	0,520	0,6688	0,0917	10,1130
	P2-Bw2	0,48	0,45	0,43	0,33	0,24	0,18	0,13	0,11	0,10	0,09	0,48	0,24	0,24	0,09	1,35	0,089	0,480	0,3884	0,3431	2,9720
	P3-A1	0,51	0,50	0,47	0,32	0,24	0,19	0,16	0,13	0,12	0,10	0,51	0,24	0,28	0,09	1,34	0,098	0,510	0,5644	0,0625	12,7868
	P3-Bw2	0,45	0,43	0,41	0,35	0,27	0,21	0,15	0,12	0,11	0,10	0,45	0,27	0,18	0,11	1,44	0,099	0,450	0,3359	0,3415	2,5864
	P8-A1	0,53	0,51	0,46	0,26	0,18	0,15	0,12	0,11	0,10	0,09	0,53	0,18	0,35	0,05	1,41	0,090	0,530	0,5741	0,0924	12,6371
	P8-Bw1	0,46	0,44	0,43	0,23	0,22	0,19	0,13	0,11	0,10	0,10	0,46	0,22	0,24	0,09	1,58	0,099	0,460	0,5637	0,0498	19,2465
	P11-A	0,50	0,49	0,46	0,19	0,18	0,16	0,13	0,12	0,09	0,07	0,50	0,18	0,32	0,08	1,51	0,070	0,500	0,5635	0,0568	20,0144
	P11-Bw1	0,43	0,42	0,41	0,23	0,21	0,18	0,12	0,11	0,09	0,08	0,43	0,21	0,22	0,10	1,62	0,079	0,430	0,5596	0,0404	20,2688
	P12-A	0,52	0,51	0,45	0,19	0,17	0,16	0,13	0,12	0,11	0,09	0,52	0,17	0,35	0,07	1,42	0,090	0,520	0,5752	0,0781	17,8883
P12-C2	0,43	0,42	0,41	0,21	0,19	0,17	0,11	0,10	0,08	0,08	0,43	0,19	0,24	0,09	1,59	0,080	0,430	0,5467	0,0438	22,4244	
Cerrado típico	P7-A	0,53	0,51	0,48	0,29	0,20	0,16	0,12	0,10	0,09	0,08	0,53	0,20	0,33	0,07	1,45	0,079	0,530	0,5499	0,0857	11,7425
	P7-Bw2	0,44	0,42	0,41	0,34	0,23	0,17	0,11	0,09	0,09	0,09	0,44	0,23	0,21	0,08	1,62	0,090	0,440	0,2683	0,4799	3,1864
	P10-A	0,52	0,51	0,45	0,17	0,16	0,14	0,10	0,10	0,08	0,07	0,52	0,16	0,36	0,06	1,46	0,070	0,520	0,5691	0,0757	18,9211
	P10-C2	0,43	0,42	0,40	0,18	0,16	0,14	0,09	0,09	0,07	0,07	0,43	0,16	0,27	0,08	1,60	0,070	0,430	0,5446	0,0549	22,2758
	P13-A	0,50	0,49	0,46	0,19	0,18	0,17	0,12	0,10	0,07	0,07	0,50	0,18	0,32	0,09	1,49	0,070	0,500	0,5631	0,0550	20,6061
	P13-C1	0,43	0,42	0,41	0,21	0,20	0,18	0,12	0,11	0,08	0,08	0,43	0,20	0,23	0,09	1,63	0,079	0,430	0,5609	0,0439	20,2145
	P14-A	0,52	0,50	0,47	0,18	0,17	0,15	0,12	0,11	0,08	0,07	0,52	0,17	0,35	0,08	1,49	0,070	0,520	0,5564	0,0639	20,7365
	P14-Bw2	0,43	0,41	0,40	0,18	0,17	0,15	0,09	0,09	0,07	0,06	0,43	0,17	0,27	0,09	1,52	0,060	0,430	0,5607	0,0519	19,9129
	P15-A1	0,50	0,48	0,41	0,21	0,15	0,14	0,10	0,08	0,07	0,07	0,50	0,15	0,35	0,07	1,45	0,070	0,500	0,6146	0,0866	13,5590
P15-C1	0,42	0,40	0,39	0,29	0,19	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,42	0,19	0,23	0,06	1,57	0,060	0,420	0,3204	0,3920	3,6413	

Poros.=porosidade total; MI=microporos; MA=macroporos; Dispon=água disponível (água retida de -10 a -1500 kPa); Dens. Solo= densidade;  $\theta_r$  e  $\theta_s$ =parâmetros do modelo de GENUCHTEN (1980) para umidade residual e para umidade de saturação, respectivamente; alfa, m e n=parâmetros de ajuste das equações de GENUCHTEN (1980).



**Figura 5** – Curvas de retenção de água dos horizontes superficial (A) e subsuperficial (B ou C), ajustadas pelo modelo de GENUCHTEN (1980), dos solos sob cerradão (perfis 1, 4, 5, 6 e 9) e cerrado denso (perfis 2, 3, 8, 11 e 12) na Estação Ecológica de Assis, SP.



**Figura 6** – Curvas de retenção de água dos horizontes superficial (A) e subsuperficial (B ou C), ajustadas pelo modelo de GENUCHTEN (1980), dos solos sob cerrado típico (perfis 7, 10, 13, 14 e 15) na Estação Ecológica de Assis, SP.

#### 4.2.5 Correlação dos parâmetros de solo com a estrutura da vegetação

A inclusão dos parâmetros físico-hídricos mostrou o aumento da área basal, no geral, mais associado a estas variáveis e à granulometria do solo do que aos parâmetros químicos. Os resultados desta análise mostram tendências semelhantes aos das outras análises: menores teores de areia grossa, relacionada com a menor macroporosidade, maiores teores de argila, que é responsável pelo aumento da microporosidade, favorecem a retenção hídrica; maiores teores de matéria orgânica associados à vegetação de maior área basal (cerradão); vegetação de maior porte associada a maiores teores de alumínio.

O aumento da microporosidade favorece a estrutura moderada ou fortemente desenvolvida, observada principalmente nos solos sob cerradão (Tabela 12). A correlação inversa da densidade com a área basal deve-se ao fato do alto teor de areia grossa existente

nesses solos, que favorece a drenagem. Os parâmetros  $\theta_r$  (umidade residual) e  $\theta_s$  (umidade de saturação), que são maiores no cerrado (Tabela 15) estão relacionados com a área basal, mostrando que maior retenção de água favorece o incremento de biomassa. Os parâmetros  $m$  e  $n$  são dependentes e inversamente correlacionados, sendo que  $m$  pode ser utilizado para prever a condutividade hidráulica em função da umidade (SILVA, 2005). Maiores valores de  $m$  e menores de  $n$  no horizonte A estão correlacionados com a área basal. FERREIRA et al. (2007) encontraram o parâmetro  $n$  no horizonte subsuperficial associado aos fragmentos de cerrado estudados, sendo este um dos parâmetros que pôde ser utilizado na diferenciação fitofisionômica entre cerrado e floresta.

**Tabela 16** – Índices de correlação das variáveis das amostras dos perfis de solo com área basal e a riqueza de espécies das fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP.

Variáveis de solo	Área basal ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ )		Riqueza de espécies	
	Horizonte A	Horizonte B ou C	Horizonte A	Horizonte B ou C
AG	-0,852*	-0,831*	-0,478	-0,532*
AF	0,695*	0,683*	0,367	0,477
Argila	0,607*	0,535*	0,345	0,256
Silte	0,676*	0,315	0,528*	0,345
pH	-0,161	-0,156	-0,261	-0,155
MO	0,639*	0,556*	0,432	0,474
P	0,579*	-	0,629*	-
K	0,347	-	0,431	-
Ca	-	-0,323	-	-0,216
Mg	-	-	-	-
Al	0,512*	0,446	0,271	0,386
H+Al	0,507*	0,326	0,436	0,192
SB	0,347	-0,323	0,431	-0,216
CTC	0,569*	0,435	0,438	0,380
V%	-0,631*	-0,514*	-0,542*	-0,380
m%	0,662*	0,497	0,324	0,272
Dens.	-0,799*	-0,573*	-0,391	-0,428
MI	0,748*	0,747*	0,506	0,339
MA	-0,202	-0,226	0,144	0,135
AD	0,074	0,135	0,064	0,146
alfa	0,083	-0,407	-0,186	-0,164
m	0,620*	0,398	0,555*	0,140
n	-0,817*	-0,430	-0,481	-0,120
$\theta_r$	0,720*	0,777*	0,640*	0,461
$\theta_s$	0,644*	0,864*	0,750*	0,596*

\* Significativo a 5% de probabilidade; - dados sem variação.

AG=areia grossa; AF=areia fina; MO=matéria orgânica; P=fósforo; Ca=cálcio; Mg=magnésio; K=potássio; H+Al=acidez potencial; Al=alumínio trocável; SB=soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; Dens.=densidade do solo; MI=microporos; MA=macroporos; AD=água disponível (potencial -10 a -1500 kPa); alfa, m, n,  $\theta_r$  (umidade residual) e  $\theta_s$  (umidade de saturação) = parâmetros de ajuste das equações de GENUCHTEN (1980).

#### 4.2.6 Associação variáveis ambientais-florística

A matriz ambiental utilizada na análise de componentes principais (PCA) constou de parâmetros granulométricos, químicos e físico-hídricos do solo (Tabelas 13, 14 e 15), para cada profundidade considerada, e também das 3 variáveis da estrutura da vegetação (Tabela 17). Como foram realizadas as análises química e granulométrica de todas as amostras de solo coletadas nos horizontes identificados em campo, convencionou-se que seriam incluídas na análise estatística os dados das amostras coletadas no horizonte superficial, identificado pela letra A, e, para representar os dados do horizonte subsuperficial, identificado pelas letras B ou C, os dados utilizados seriam aqueles do horizonte com ocorrência mais representativa de 80 a 100 cm de profundidade. A vegetação de cerrado explora o solo em grandes profundidades, possuindo grande parte de sua biomassa no sistema radicular (HARIDASAN, 2000), portanto é importante realizar estudos que abranjam maiores profundidades para avaliar os atributos de solo em subsuperfície.

O número de variáveis (53) era bem superior ao número de amostras (15), permitindo que fossem selecionadas no máximo 14 variáveis para compor a matriz ambiental da CCA, portanto, o critério de seleção utilizado não foi apenas o de variáveis com maior valor de correlação com os eixos 1 e 2 da PCA, os quais explicam maior parte da variância dos dados (61,20%), mas também buscou-se incluir variáveis que representassem características físicas, químicas e físico-hídricas do solo e pelo menos um parâmetro referente à estrutura da vegetação.

Assim, foram selecionadas para compor a matriz ambiental da CCA as seguintes variáveis: argila, matéria orgânica, saturação por bases, saturação por alumínio, densidade do solo, microporosidade e umidade residual, no horizonte A; argila, alumínio trocável, capacidade de troca catiônica, microporosidade, umidade residual e umidade de saturação, no horizonte B ou C; e cobertura de copa da vegetação (Tabela 7). A matriz de abundância de espécies foi a mesma utilizada na análise de amostras compostas, excluídas as 15 parcelas não inclusas no estudo de perfis de solo. O resultado da correlação das variáveis ambientais com os dois primeiros eixos da CCA (Tabela 18) mostrou correlação acima de 0,40 com o eixo 1 para todas as variáveis.

**Tabela 17** – Correlação das variáveis dos perfis de solo (50) e da estrutura da vegetação (3) com os eixos de ordenação 1 e 2 da análise de componentes principais (PCA). Valores em negrito representam as variáveis selecionadas para a CCA (análise de correspondência canônica).

	<b>Horizonte A</b>		<b>Horizonte B ou C</b>	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
AG	-0,1625	0,0360	-0,1647	0,0404
AF	0,0923	-0,0857	0,0889	-0,0694
Argila	<b>0,1787</b>	0,1005	<b>0,1787</b>	0,0838
Silte	0,1179	-0,2276	0,0412	-0,2810
pH	-0,0260	-0,0246	0,0018	0,1397
MO	<b>0,1884</b>	0,0595	0,1476	0,0398
P	0,1489	0,1713	*	*
Ca	*	*	-0,0823	-0,2156
K	0,1348	0,1646	*	*
H+Al	0,1832	-0,0118	0,1776	0,0399
Al	0,1848	0,1117	0,1203	<b>-0,2106</b>
SB	0,1348	0,1646	-0,0823	<b>-0,2156</b>
CTC	0,1847	0,1126	0,1762	0,0257
V%	<b>-0,1843</b>	-0,1068	-0,1626	-0,1495
m%	0,1868	-0,0592	0,1454	-0,0642
Dens	<b>-0,1707</b>	-0,0380	-0,1656	-0,0818
MI	<b>0,1961</b>	-0,0436	<b>0,1912</b>	-0,1190
MA	-0,0881	0,2256	-0,1072	0,2125
AD	0,0305	-0,0265	0,0897	0,1420
alfa	0,0169	0,1661	-0,1097	0,2857
m	0,0958	-0,2106	0,1005	-0,2952
n	-0,1681	0,1682	-0,1230	0,2490
Qr	<b>0,1720</b>	0,0975	<b>0,1793</b>	0,0363
Qs	0,1236	0,1717	<b>0,1731</b>	0,0322
<b>Estrutura da Vegetação</b>				
	Eixo 1	Eixo 2		
A.basal	0,1655	-0,0521	-	-
Fit.aerea	0,1543	-0,0644	-	-
Cob.copa	<b>0,1796</b>	0,0407	-	-

\* Dados sem variação; AG=areia grossa; AF=areia fina; MO=matéria orgânica; P=fósforo; Ca=cálcio; Mg=magnésio; K=potássio; H+Al=acidez potencial; Al=alumínio trocável; SB=soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; Dens=densidade do solo; MI=microporos; MA=macroporos; AD=água disponível (potencial -10 a -1500 kPa); alfa, m, n, Qr e Qs = parâmetros de ajuste das equações de GENUCHTEN (1980); A.basal=área basal; Fit.aerea=fitomassa aérea; Cob.copa=cobertura de copa.

Como os índices de correlação com o eixo 1 foram altos e o teste de permutação de Monte Carlo mostrou significância para o eixo 1 ( $p < 0,02$ ), optou-se por não realizar uma nova CCA, como feito na análise das amostras compostas de solo. As 14 variáveis selecionadas explicaram um total de 53,34% da variância global dos dados, sendo 40,34% no primeiro e 13% no segundo eixo. Os autovalores da CCA para os dois primeiros eixos de ordenação foram de 0,54 (eixo 1) e 0,17 (eixo 2). O autovalor do eixo 1 pode ser considerado alto ( $< 0,50$ , segundo TER BRAAK, 1995), indicando a existência de um gradiente forte, ou

seja, com muitas substituições de espécies entre os dois extremos, enquanto que o autovalor do eixo 2, bem menor, indica a existência de gradiente curto, com baixa substituição de espécies entre extremos e predominância de variações na abundância das espécies. A variância remanescente é explicada por variáveis ambientais não registradas e é esperada em dados ecológicos (TER BRAAK, 1987). O teste de permutação de Monte Carlo indicou correlação significativa entre abundância das espécies e variáveis ambientais apenas no primeiro eixo da ordenação. Dentre as 14 variáveis selecionadas, 7 também foram parâmetros significativos da CCA das amostras compostas (item 4.1.4). Porém, com a inclusão dos dados da curva de retenção, os valores da correlação de argila (horizontes A e B ou C), matéria orgânica (A), CTC (B ou C), saturação por bases (A), alumínio (B ou C) e cobertura de copa com o primeiro eixo diminuíram.

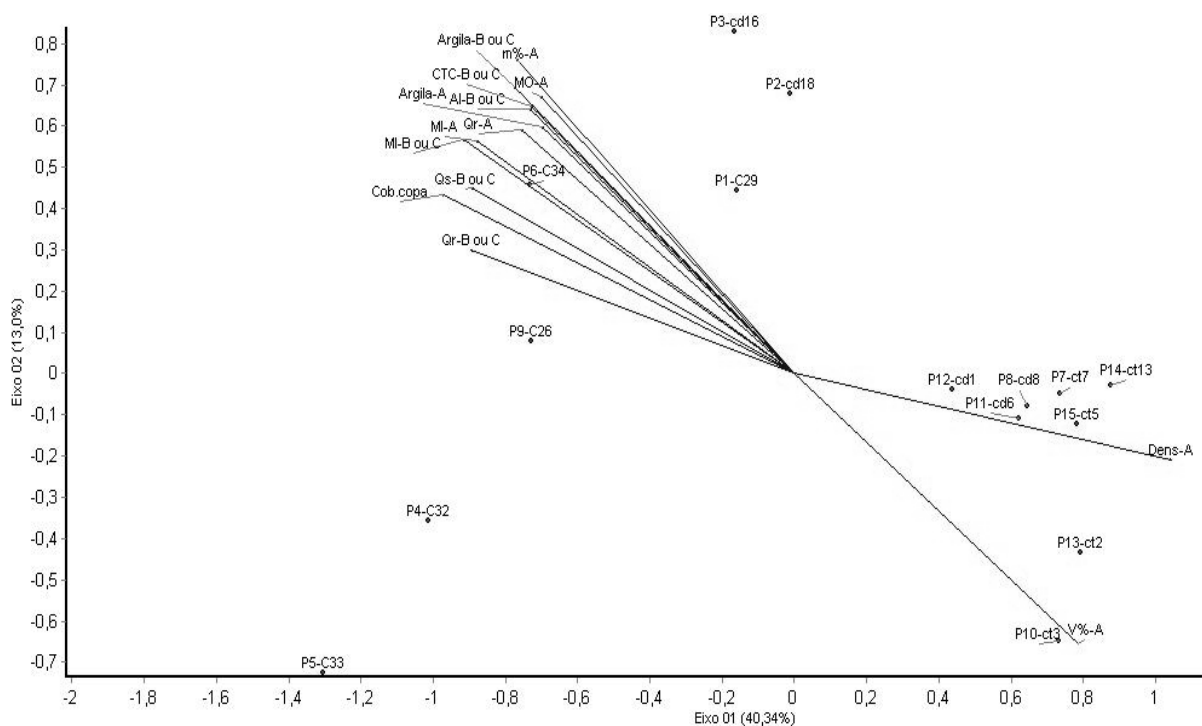
**Tabela 18** – Variáveis selecionadas (14) para análise de correspondência canônica (CCA) e suas correlações com os eixos 1 e 2. Valores em negrito representam as variáveis que possuem correlação significativa com o eixo 1 da CCA.

	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
Argila-A	<b>-0,5740</b>	0,4907
MO-A	<b>-0,5780</b>	0,5520
V%-A	<b>0,6451</b>	-0,5396
m%-A	<b>-0,6318</b>	0,6264
Dens-A	<b>0,8583</b>	-0,1735
MI-A	<b>-0,7232</b>	0,4649
Qr-A	<b>-0,6213</b>	0,4871
Argila-B ou C	<b>-0,6373</b>	0,5725
Al-B ou C	<b>-0,6023</b>	0,5265
CTC-B ou C	<b>-0,5996</b>	0,5342
MI-B ou C	<b>-0,7522</b>	0,4675
Qr-B ou C	<b>-0,7369</b>	0,2463
Qs-B ou C	<b>-0,7349</b>	0,3715
Cob.copa	<b>-0,7999</b>	0,3567

Variáveis nos horizontes A (-A) e B ou C (-B ou C): MO=matéria orgânica; V%=saturação por bases; m%=saturação por alumínio; Dens=densidade do solo; MI=microporos; Al=alumínio trocável; CTC=capacidade de troca catiônica; Qr e Qs = parâmetros de ajuste das equações de GENUCHTEN (1980); Cob.copa=cobertura de copa.

A distribuição dos perfis de solo (P), associados às parcelas (C, cd ou ct), pela CCA distinguiu o cerrado *stricto sensu* do cerradão, exceto cd-16 e cd-18. Os cinco perfis sob cerradão estão agrupados no lado esquerdo do diagrama de ordenação, porém relativamente afastados uns dos outros (Figura 7). Essa distorção ocorreu devido à variação da abundância de espécies entre essas parcelas, que se sobressaiu nesta análise com menor número de parcelas (amostras) (Figura 8). Do ponto de vista de classificação dos solos (Tabela 11), no

lado esquerdo da ordenação há apenas Latossolos, que são aqueles que apresentaram os maiores teores de argila do que os outros de mesma ordem que estão sob fisionomias savânicas (exceto cd-16 e cd-18); no lado direito, estão agrupados Latossolos típicos e os Neossolos Quartzarênicos.

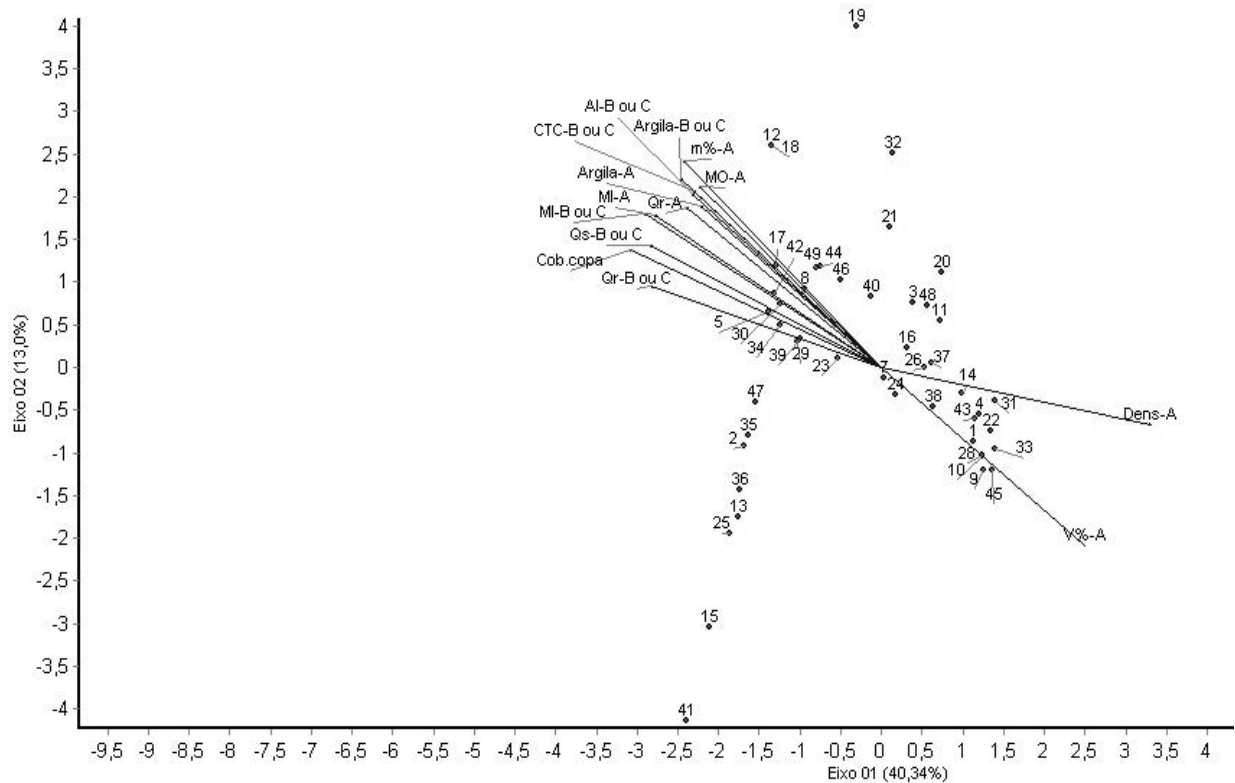


**Figura 7** – Análise de correspondência canônica das parcelas de cerrado típico (ct), cerrado denso (cd) e cerradão (C), na Estação Ecológica de Assis, SP, associadas aos seus respectivos perfis (P) de solo, com as variáveis dos perfis de solo, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e de estrutura da vegetação (Tabela 18).

O aumento da acidez do solo foi novamente associado às fisionomias de cerradão. A maior microporosidade (MI) nos horizontes A e B ou C, propiciada pelos maiores teores de argila (A e B ou C) nos solos dos perfis 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 9, contribui para maior retenção hídrica em relação aos outros solos, o que faz com que os valores da umidade residual (Qr-A e Qr-B ou C) e da umidade de saturação Qs (correspondente ao potencial matricial nulo) sejam maiores (Tabela 15). SPERA et al. (2005), no Distrito Federal, associaram, parcialmente, a ocorrência de diferentes fisionomias de cerrado sobre Latossolos à microporosidade. Os demais perfis, P7, P8, P10 a P15, por sua vez, têm relação inversa com as variáveis associadas ao cerradão e ao cerrado denso 16 e 18 (Figura 7): os teores de argila



são menores, resultando em menor número de microporos, menor umidade residual e de saturação. Solos com menor teor de argila estão associados à maior densidade no horizonte A, que favorece a drenabilidade do solo (RESENDE et al., 1997).



**Figura 8** – Análise de correspondência canônica da abundância de espécies (identificadas pelos números da tabela 11) que ocorrem nas parcelas de cerrado típico, cerrado denso e cerradão, na Estação Ecológica de Assis, SP, com as variáveis dos perfis de solo, diferenciadas por horizonte A (-A) e horizonte B ou C (-B ou C), e de estrutura da vegetação (Tabela 18).

Os resultados sugerem que a retenção de água do solo contribui para a diferenciação da fisionomia florestal cerradão das fisionomias de cerrado *stricto sensu* na EECA. No entanto, não são evidenciadas diferenças entre cerrado típico e denso. A existência das fisionomias mais abertas sobre solos que suportariam uma vegetação de cerradão, como no caso das parcelas ct-7, cd-8 e ct-13, que estão sobre Latossolo típico assim como C-29 e C-26, pode estar relacionada com outros fatores não incluídos neste estudo, como, por exemplo, posição topográfica, que pode favorecer a geada (BRANDO & DURIGAN, 2004), ocorrência

da samambaia *Pteridium arachnoideum* (PINHEIRO & DURIGAN, 2009), monitoramento da umidade do solo *in situ* e da distribuição das chuvas, proximidade de bancos de sementes.

HARIDASAN (2000) não acredita que fisionomias mais abertas de cerrado, se protegidas do fogo, possam evoluir para cerradão, pois a reserva de nutrientes na biomassa e no solo de um cerrado não é suficiente para desenvolvimento de uma biomassa maior de árvores, além da composição florística diferenciada do cerradão de outras fisionomias de cerrado, que pode estar relacionada com a disponibilidade nutricional do solo.

Diante dos resultados obtidos neste estudo realizado na EEcA, onde a ocorrência da vegetação de cerrado é em clima mais úmido em relação ao cerrado do Brasil Central, notou-se que as diferenças nos atributos granulométricos, físico-hídricos e morfológicos do solo foram mais importantes na diferenciação fisionômica do que os atributos químicos, que mostraram elevada acidez e baixa fertilidade em todos os solos estudados. O que pode estar contribuindo para diferença de composição florística no local é a maior cobertura de copa do cerradão, que impede o desenvolvimento de espécies heliófitas. O adensamento da vegetação, por sua vez, é favorecido pela maior retenção de água nos Latossolos em relação aos Neossolos Quartzarênicos, considerando apenas fatores pedológicos. As fisionomias de cerrado *stricto sensu* sobre Latossolos podem estar numa transição mais lenta para cerradão, não tendo se tornado cerradão devido a outros condicionantes. Visto isso, são sugeridos outros estudos em diversas profundidades que incluam, além das análises química e granulométrica do solo, comumente estudadas, a descrição morfológica do solo em campo e a análise físico-hídrica de amostras indeformadas de solo de áreas de vegetação nativa de cerrado, ampliando o conhecimento acerca dos fatores de solo condicionantes de suas fisionomias em diferentes locais.

## 5 CONCLUSÕES

- 1) Os perfis de solo, representativos das parcelas permanentes, mostraram que parâmetros físicos dos solos da Estação Ecológica de Assis, SP, diferenciam a fisionomia florestal das savânicas: maior teor de argila e maior microporosidade favorecem o cerradão.
- 2) A estrutura moderada ou fortemente desenvolvida dos solos sob cerradão favorece maior retenção de água que a dos solos sob cerrado *stricto sensu*.
- 3) Apesar de alguns atributos químicos do solo, como o cobre e o alumínio, apresentarem associação com as fisionomias vegetais estudadas, baixas correlações e seus teores no solo muito elevados (Al) ou muito baixos (Cu) sugerem que outros parâmetros do solo, como os granulométricos e físico-hídricos estudados, relacionados à retenção de água, têm maior influência na distribuição das fisionomias de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L.G.; NETTO, J.M. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W.J. (Ed.) **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1987. p.33-98.
- ALHO, C.J.R.; MARTINS, E.S. **Passo a passo o cerrado perde espaço**. Brasília, DF. WWW-PRÓCER, 1995. 66 p.
- ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27: 1003-1011, 2003.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:857-865, 2000.
- ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 337-345, 2004.
- ARENS, K. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada às deficiências minerais do solo. In: FERRI, M.G. (Coord.). Simpósio sobre o cerrado, 1., 1963, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edgard Blücher, p.287-303, 1963.
- BEARD, J.S. The savanna vegetation of northern tropical America. **Ecological Monographs**, v. 23, p.149-215, 1953.
- BOGNOLA, I.A.; JOAQUIM, A.C.; PRADO, H.; LEPSCH, I.; MENK, J.R.F. **Carta pedológica semidetalhada do estado de São Paulo: Quadrícula de Assis**. Campinas, SP: Instituto Agrônomo, 1996. (Mapa, escala 1:100.000)
- BOTREL, R.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.195-213, 2002.
- BRANDO, P.M.; DURIGAN, G. Changes in cerrado vegetation after disturbance by frost (São Paulo State, Brazil). **Plant Ecology**, v.17, p.205-215, 2004.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa nacional de conservação e uso sustentável do Bioma Cerrado – Programa Cerrado Sustentável**. Brasília: MMA/SBF, 2006. 56 p.
- BUDOWSKY, G. The distinction between old secondary and climax species in tropical Central American lowland forests. **Tropical Ecology**, n.11, p.44-48, 1970.
- CAMARGO, A.P. Clima no cerrado. In: FERRI, M.G. (Coord.). Simpósio sobre o cerrado, 1., 1963, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edgard Blücher, p.287-303, 1963.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94 p. (Boletim Técnico, 106).

CAMARGOS, V.L.; SILVA, A.F.; MEIRA-NETO, J.A.A.; MARTINS, S.V. Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, 22(1): 75-84, 2008.

CASTRO, E.A.; KAUFFMAN, J.B. Ecosystem structure in Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root mass and consumption fire. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.263-283, 1998.

CEPAGRI. CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em [http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_047.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_047.html). (4 fevereiro 2010)

COOPER, M.; VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B nítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 581-595, 2005.

COUTINHO, L.M. Ecological effects of fire in Brazilian cerrado. **Ecological Studies**, n.42, p.272-291, 1982.

COUTINHO, L.M. Fire in the ecology of Brazilian cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. (Ed.) **Fire in the tropical biota**. Berlin. Springer-Verlag, 1990. p.82-105.

COUTINHO, L.M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.1, p.13-23, 2006.

CURI, N. (Coord.) **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90 p.

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Scientia Agricola**, v.57, p.191-192, 2000.

DURIGAN, G.; BACIC, M.C.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. Inventário florístico do cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. **Hoehnea**, v. 26, n.2, p.59-77, 1999.

DURIGAN, G. Bases e diretrizes para a restauração de vgetação do cerrado. In: KAGEYAMA et al (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p.185-204.

DURIGAN, G.; FRANCO, G.A.D.C.; SIQUEIRA, M.F. A vegetação dos remanescentes de cerrado no estado de São Paulo. In: BITENCOURT, M.D.; MENDONÇA, R.R. **Viabilidade de conservação dos remanescentes de cerrado no estado de São Paulo**. São Paulo: Annablume. FAPESP, 2004. p.29-56.

DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F. Florística e fitossociologia de matas ciliares do oeste paulista. **Revista do Instituto Florestal**, 7: 197-239, 1995.

DURIGAN, G.; RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. **Hoehnea**, 30:39-51, 2003a.

DURIGAN, G.; RATTER, J.A. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962-2000. **Edinburgh Journal of Botany**, v.63, n.1, p.119-130, 2006.

DURIGAN, G.; SARAIVA, I. R.; GARRIDO, M. A. O.; GARRIDO, L. M. A. G.; PECHE FILHO, A. Fitossociologia e evolução da densidade da vegetação de cerrado em Assis, SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, v.41, p.59-78, 1987.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.; BRIDGEWATER, S.; RATTER, J.A. The vegetation of priority areas for cerrado conservation in São Paulo State, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v.60, n.2, p.217-241, 2003b.

DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M.F.; FRANCO, G.A.D.C.; RATTER, J.A. Seleção de fragmentos prioritários para a criação de unidades de conservação do cerrado no estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.18, p.23-37, 2006.

EITEN, G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, 38: 201-341, 1972.

ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MACHADO, E.L.M.; SOUZA, J.S.; FONTES, M.A.F.; MARQUES, J.J.G.S.M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica**, 16(3): 331-356, 2002.

FARIA, A.J.; CONTIERI, W.A.; KAWABATA, M.; BERTO, E.A. Monitoramento micrometeorológico em cinco ambientes com cobertura vegetal distinta. In: BOAS, O.V. & DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no oeste paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão**. São Paulo: Páginas & Letras, 2004. p.93-108.

FERREIRA, I.C.M. Associações entre solos e remanescentes de vegetação nativa em Campinas, SP. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas, SP.

FERREIRA, I.C.M.; COELHO, R.M.; TORRES, R.B.; BERNACCI, L.C. Solos e vegetação nativa remanescente no município de Campinas, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.9, p.1319-1327, 2007.

FRANCO, A.C. Biodiversidade de forma e função: implicações ecofisiológicas das estratégias de utilização de água e luz em plantas lenhosas do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J.C.; FELFILI, J.M. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2005. p.179-196.

FURLEY, P.A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, 8:223-241, 1999.

GENUCHTEN, M.T.V. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.892-898, 1980.

GOODLAND, R.A.; FERRI, M.G. **Ecologia do cerrado**. Belo Horizonte, Itatiaia. 1979. 193 p. (Reconquista do Brasil, 52).

GOODLAND, R.A. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: FERRI, M.G. (Coord.). Simpósio sobre o cerrado, 3., 1971, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Edgard Blücher, p.44-60, 1971.

GOODLAND, R.A.; POLLARD, R. The Brazilian Cerrado Vegetation: A Fertility Gradient. **Journal of Ecology**, v.61, n.1, p.219-224, 1973.

GOMES, J.B.V.; CURTI, N.; MOTTA, P.E.F.; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SCHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28: 137-153, 2004.

HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado native species of central Brazil. **Plant and Soil**, 65: 265-273, 1982.

HARIDASAN, M.; ARAÚJO, G.M. Perfil nutricional de espécies lenhosas de duas florestas semidecíduas em Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.2, p.295-303, 2005.

HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.54-64, 2000.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. Mapa, escala 1:500.000. São Paulo: IPT, 1981. (Texto explicativo)

JACOMINE, P.K.T. Solos sob matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2000. p.27-31.

JUHÁSZ, C.E.P.; COOPER, M.; CURSI, P.R.; KETZER, A.O.; TOMA, R.S. Savanna woodland soil micromorphology related to water retention. **Scientia Agricola**, v.64, n.4, p.344-354, 2007.

JUHÁSZ, C.E.P.; CURSI, P.R.; COOPER, M.; OLIVEIRA, T.C.; RODRIGUES, R.R. Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob Savana Florestada (Cerradão) em Assis, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30: 401-412, 2006.

JUHÁSZ, C.E.P. Relação solo-água-vegetação em uma topossequência localizada na Estação Ecológica de Assis, SP. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

KASTANEK, F.J.; NIELSEN, D.R. Description of soil water characteristics using cubic spline interpolation. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, n.2, p.279-283, 2001.

KER, J.C.; RESENDE, M. Recursos edáficos dos Cerrados: ocorrência e potencial. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras no cerrado. **Anais...** Planaltina, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-CPAC, p.15-19, 1996.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:857-867, 2002.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713, 2005.

KOTCHETKOFF-HENRIQUES, O.; JOLY, C.A.; BERNACCI, L.C. Relação entre o solo e a composição florística de remanescentes de vegetação natural no Município de Ribeirão Preto, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.3, p.541-562, 2005.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; KANASHIRO, M.M.; YWANE, M.S.S.Y.; LIMA, L.M.P.R.; GUILLAUMON, J.R.G.; BARRADAS, A.M.F.B.; PAVÃO, M.; MANETTI, L.A.; BORGIO, S.C. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia, **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 1569-1576, 2005.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 178 p.

LIMA, J.A.S.; MENEGUELLI, N.A.; GAZEL FILHO, A.B.; PÉREZ, D.V. Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.109-116, 2003.

LOBO, P.C.; JOLY, C.A. Aspectos fisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Edusp/Fapesp, 2000. p.43-157.

LOPES, A.S.; COX, F.R. Cerrado Vegetation in Brazil: An Edaphic Gradient. **Agronomy Journal**, v.69, p.828-831, 1977.

LOPES, A.S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 35 p.

MACHADO, J.L.; TORMENA, C.A.; FIDALSKI, J.; SCAPIM, C.A. Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da curva de retenção de água de um latossolo sob diferentes sistemas de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 495-502, 2008.

MACHADO, R.B.; RAMOS NETO, M.B.; PEREIRA, P.; CALDAS, E.; GONÇALVES, D.; SANTOS, N.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Conservação Internacional, Brasília, 2004. Disponível em <http://www.aja.org.br/publications/RelatDesmatamCerrado.pdf>. (6 agosto 2008)

MANFREDINI, S.; PADOVESE, P.P.; OLIVEIRA, J.B. Efeito da composição granulométrica da fração areia no comportamento hídrico de Latossolos de textura média e Areias Quartzosas **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8: 13-16, 1984.



MANLY, B.F.J. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. (3ª ed) Porto Alegre: Bookman, 2008. 229 p.

MARIMON, B.S.; LIMA, E.S.; DUARTE, T.G.; CHIEREGATTO, L.C.; RATTER, J.A. Observations on the vegetation of Northeastern Mato Grosso, Brazil. IV. An analysis of the Cerrado-Amazonian forest ecotone. **Edinburgh Journal of Botany**, 63: 323-341, 2006.

MARIMON JÚNIOR, B.H.; HARIDASAN, M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste do Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** v.19, n.4, p.913-926, 2005.

MARTINS, S. V.; SILVA, N.R.S.; SOUZA, A.P.; MEIRA NETO, J.A.A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, v.64, n.2, p.172-181, 2003.

MENEZES, M.D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, v.37, n.82, p.175-184, 2009.

MORAES, S.O.; LIBARDI, P.L.; DOURADO NETO, D. Problemas metodológicos na obtenção da curva de retenção da água pelo solo. **Scientia Agricola**, 50(3): 383-392, 1993.

MORENO, M.I.C.; SCHIAVINI, I.; HARIDASAN, M. Fatores edáficos influenciando na estrutura de fitofisionomias do cerrado. **Caminhos da Geografia**, v.9, p.173-194, 2008.

MORENO, M.I.C.; SCHIAVINI, I. Relação entre vegetação e solo em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v.24, n.4 (suplemento), p.537-544, 2001.

MOTTA, P.E.F.; CURI, N.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; GOMES, J.B.V. Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1023-1031, 2002.

MÜLLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, G.H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey & Sons, 1974. 547 p.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n.403, p.853-858, 2000.

NAPPO, M.E.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; MARTINS, S.V. A estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Ciência Florestal**, v.10, p.17-29, 2000.

NASCIMENTO, C.T.C.; SANTOS, R.V.; PIRES, A.C.B. Isótopos de carbono em latossolo sob cerrado nativo. **Boletim Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v.9, p.69-78, 2002.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J.; MELLO, J.M.; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, v.17, p.67-85, 1994.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURI, N.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in South-Eastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, 58(1):139-158, 2001.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado Biome. In: OLIVEIRA, P.S.; MARQUIS, R.J (Eds.). **The cerrados of Brazil - Ecology and natural history of neotropical savanna**. Columbia University Press, New York, p.91-120, 2002.

OLIVEIRA, J.B. **Pedologia Aplicada**. 2. ed. Piracicaba, SP, 2005. 574 p.

OLIVEIRA, R.S.; BEZERRA, L.; DAVIDSON, E.A.; PINTO, F.; KLINK, C.A.; NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, v.19, p.574-581, 2005.

PINHEIRO, E.S. Análises ecológicas e sensoriamento remoto aplicados à estimativa de fitomassa de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP. 2008. 200 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

PINHEIRO, E.S.; DURIGAN, G. Caracterização das fitofisionomias do Cerrado na Estação Ecológica de Assis (SP). **Revista Árvore** (submetido).

PINHEIRO, E.S.; DURIGAN, G. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, n.3, p.441-454, 2009.

PINHEIRO, E.S.; DURIGAN, G.; SANTOS, J.R. Avaliação de imagens QuickBird para estimativa de fitomassa aérea do cerrado. **Ambiência**, v.4 (edição especial), p.69-83, 2008.

PIRES-O'BRIEN, M.J.; O'BRIEN, C.M. **Ecologia e modelamento de florestas tropicais**. Belém, FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1995. 400 p.

PIVELLO, V.R.; COUTINHO, L.M. A qualitative successional model to assist in the management of Brazilian cerrados. **Forest Ecology and Management**, n.87, p.127-138, 1996.

PRADO, H.; JORGE, J.A.; MENK, J.R.F. **Levantamento pedológico detalhado e caracterização físico-hídrica dos solos da Estação Experimental de Agronomia de Votuporanga (SP)**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 24 p. (Boletim científico, 42).

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. 2ª ed. rev. e ampl. Piracicaba: Hélio do Prado, 2001. 220 p.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Salesward Discovery, 1996. 446 p.

RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Edit.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284 p.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B.V. **Fertilidade do Solo e Adubação: Acidez e Calagem**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba, SP, 1991. 343 p.

RATTER, J.A.; DARGIE, T.C.D. An analysis of the floristic composition of 26 cerrado areas in Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, 49: 235-250, 1992.

RATTER, J.A.; LEITÃO FILHO, H.F.; ARGENT, G.; GIBBS, P.E.; SEMIR, J.; SHEPHERD, G.; TAMASHIRO, J. Floristic composition and community structure of a southern cerrado area in Brazil. **Notes from the Royal Botanical Garden Edinburgh**, v.45, p.137-151, 1988.

RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany Company**, v.80, p.223-230, 1997.

RAWITSCHER, F.K. The water economy of the vegetation of the campos cerrados in southern Brazil. **Journal of Ecology**, n. 26, p. 237-268, 1948.

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF. EMBRAPA-CPAC, 1998. p.47-86.

REATTO, A.; MARTINS, E.S.; CARDOSO, E.A.; SPERA, S.T.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.; FARIAS, M.F.R.; SILVA, A.V. **Relação entre as Classes de Solos e as Principais Fitofisionomias do Alto Curso do Rio Descoberto, Distrito Federal e Goiás**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 28 p. (Boletim de Pesquisa).

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 2 ed. Viçosa: NEPUT, 1997. 376 p.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.89-106.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Tipos de Vegetação do Bioma Cerrado**. Disponível em [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_23\\_911200585232.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_23_911200585232.html). (6 outubro 2009)

RICHARDS, L.A. Physical conditions of water in soil. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.128-152.

ROCHA, C.T.V.; CARVALHO, D.A.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; BERG, E.V.D.; MARQUES, J.J.G.S.M. Comunidade arbórea de um *continuum* entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, p.203-218, 2005.

RODRIGUES, L.A.; CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, v.31, n.1, p.25-35, 2007.

ROSOLEM, C.A.; BÍSCARO, T. Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.10, p.1473-1478, 2007.

ROSSI, M.; COELHO, R.M.; MATTOS, I.F.A. **Os Solos das Unidades de Conservação de Assis, SP**. São Paulo: Instituto Florestal, 2008. 18 p. (Relatório de Pesquisa).

ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A.; COELHO, R.M.; MENK, J.R.F.; ROCHA, F.T.; PFEIFER, R.M.; MARIA, I.C. de. Relação solos/vegetação em área natural no Parque Estadual de Porto Ferreira, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v.17, p.45-61, 2005.

RUGGIERO, P.G.C.; BATALHA, M.A.; PIVELLO, V.R.; MEIRELLES, S.T. Vegetation-soil relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, 160: 1-16, 2002.

RUGGIERO, P.G.C.; PIVELLO, V.R. As relações entre a vegetação e o meio físico do cerrado Pé-de-Gigante – O Solo e a Comunidade Vegetal. In: PIVELLO, V.R.; VARANDA, E.M. (Orgs.). **O cerrado Pé-de-Gigante: ecologia e conservação**. São Paulo: SMA, 2005. p.174-188.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. **Mapeamento de cobertura vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 33 p.

SANTOS, H.G. et al. (Edit. tecn.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92 p.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE. Resolução SMA-064 de 10 de setembro de 2009. São Paulo, SP: Gabinete do Secretário. Disponível em [http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2009\\_res\\_est\\_sma\\_64.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/estadual/resolucoes/2009_res_est_sma_64.pdf) (20 outubro 2009)

SERRA FILHO, R.; CAVALLI, A.C.; GUILLAUMON, J.R.; CHIARINI, J.V.; NOGUEIRA, F.P.; IVANCKO, C.M.A.M.; BARBIERI, J.L.; DONZELLI, P.L.; COELHO, A.G.S.; BITTENCOURT, L. Levantamento da cobertura natural e do reflorestamento no estado de São Paulo. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, v.11, p.1-56, 1974.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac 2.1.1.29**: Manual do usuário. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2009.

SILVA, A.C.; BERG, E.V.D.; HIGUCHI, P.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MARQUES, J.J.G.S.M.; APPOLINÁRIO, V.; PÍFANO, D.S.; OGUSUKU, L.M.; NUNES, M.H. Florística e estrutura da comunidade arbórea em fragmentos de floresta aluvial em São Sebastião da Bela Vista, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, n.2, p.238-297, 2009.

SILVA, A.M. Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros. 2005. 136 f. Tese (Doutorado), São Carlos, SP: Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo.

SILVA, E.M. da; AZEVEDO, J.A. de. Influência do período de centrifugação na curva de retenção de água em solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1487-1494, 2002.

SILVA, E.M. da; LIMA, J.E.F.W.; AZEVEDO, J.A.; RODRIGUES, L.N. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.323-330, 2006.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2<sup>nd</sup> Ed. Washington, DC: USDA, Nat. Res. Cons. Serv.. (USDA Agr. Handbook, 436), 1999. 869 p.

SPERA, S.T.; REATTO, A.; MARTINS, E.S.; CORREIA, J.R. **Atributos físicos de solos e distribuição das fitofisionomias de cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio Jardim, DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005. 18 p. (Boletim de Pesquisa).

TER BRAAK, C.J.F. **CANOCO**: a FORTRAN program of canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). Wageningen, Technical report: LWA-88-02, Statistics Department Wageningen, 1988.

TER BRAAK, C.J.F. Ordination. In: JONGMAN, R.H.G; TER BRAAK, C.J.F; VAN TONGEREN, O.F.R. (Eds.) **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge University Press, Cambridge, 1995. p.91-173.

TER BRAAK, C.J.F. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v.69, n.1, p.69-77, 1987.

TOPPA, R. H. Estrutura e diversidade florística das diferentes fisionomias de cerrado e suas correlações com o solo na Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP. 2004. 149 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

VALLADARES, G.S.; GOMES, E.G.; MELLO, J.C.C.B.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; EBELING, A.G.; BENITES, V.M. Análise dos componentes principais e métodos

multicritério ordinais no estudo de organossolos e solos afins. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32: 285-296, 2008.

VALENTIN, J.L. **Ecologia numérica**: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2000. 116 p.

WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. 2006. 389 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília: Brasília, DF.

WARMING, E. Lagoa Santa. In: WARMING, E.; FERRI, M.G. **Lagoa Santa**: A vegetação de cerrados brasileiros. São Paulo. EDUSP/Belo Horizonte. Itatiaia, 1973. p.1-284.

WOLF, J.M. Relación Suelo-Agua en Oxisoles de Puerto Rico y Brasil. In: BORNEMISZA, E.; ALVARADO, A. (Eds.). Seminario sobre Manejo de Suelos y el Proceso de Desarrollo en América tropical. **Trabajos presentados...** Cali, Colômbia, 1974. p.147-157.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)